



# TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

## Fakulta strojní

Katedra textilních a jednoúčelových strojů

Studijní rok: 2008/2009

Studijní program: M 2301 Strojní inženýrství

Obor: 2302 T010 Konstrukce strojů a zařízení

Zaměření: Textilní stroje

### **Návrh systému předávání jehly u šicího stroje DECO 2000**

### **Design of the needle exchange system of sewing machine DECO 2000**

Petr Krpeš

KTS – M252

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Jaroslav Beran, CSc.

Konzultant diplomové práce: Ing. Karel Pejchar

Ing. Jiří Komárek

Originální zadání práce

## **Prohlášení**

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 - školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom(a) povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum: 5.1.2009

Podpis:

## **Declaration**

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact; in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the thesis and a consultant.

Date: 5.1.2009

Signature:

## **Anotace**

Tato diplomová práce se zabývá analýzou a optimalizací stávajícího mechanismu předání jehly na šicím stroji DECO 2000. Stávající řešení vykazovalo v aktuálním stavu při nejvyšších otáčkách vysokou hlučnost a vysoké rázové zatížení stroje. Cílem této práce bylo potlačit zmíněné negativní vlivy. Bylo navrženo několik variant řešení, z nichž tři byly vybrány a konstrukčně zpracovány. Teoretické zlepšení bylo ověřeno praktickým měřením hladiny intenzity akustického tlaku.

## **Annotation of diploma thesis**

This diploma thesis is focused on analysis of actual mechanism of floating needle and its improving in sewing machine DECO 2000. Actual solution shows high noise activity and impact loading at top speed regime SPEED 500. Some new variants were proposed for improving and three of them are being choosen and designed. Theoretical improvement was checked by practical measurement of the level of acoustic pressure.

**Klíčová slova:**

Šicí stroj

Jehla

Jehelní tyč

Průpichová síla

Tlumič

**Key words:**

Sewing machine

Needle

Needle rod

Cutoff force

Absorber

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval za vedení, pomoc a shovívavost při konzultacích k této diplomové práci panu prof. Ing. Jaroslavu Beranovi, Csc., za podporu Ing. Jiřímu Komárkovi, Ing. Karlu Pejcharovi za podklady a rady k problematice zkoumaného šicího stroje. Dále celému osazenstvu katedry Textilních a jednoúčelových strojů za čas nad výrobou a testování mých konstrukčních pokusů.

Velké dík patří také mým rodičům a sestře za podporu během celé doby studia a za možnost celé studium absolvovat.

## Seznam použitých symbolů

Označení	Název	Jednotky
$a$	zrychlení jehelní tyče	$[\text{m/s}^2]$
$g$	gravitační zrychlení	$[\text{m/s}^2]$
$m$	hmotnost	$[\text{Pa}]$
$P$	tlak	$[\text{kg}]$
$V$	objem	$[\text{m}^3]$
$h$	výška vzduchového sloupce	$[\text{mm}]$
$G$	gravitační síla	$[\text{N}]$
$F$	hnací síla	$[\text{N}]$
$S$	zdvih tlumiče	$[\text{mm}]$
$X$	počet zdvihů tlumiče	$[\text{hod}^{-1}]$
$E_k$	kinetická energie	$[\text{J}]$
$E_{\text{zdvih}}$	energie na jeden zdvih tlumiče	$[\text{J}]$
$E_{\text{zdvih}}$	energie hnací síly	$[\text{J}]$
$E_{\text{hod}}$	energie na hodinu práce	$[\text{J/hod}]$
$y_{\text{max}}$	maximální průhyb nosníku	$[\text{mm}]$
$y_{\text{dov}}$	dovolený průhyb nosníku	$[\text{mm}]$
$t$	čas	$[\text{s}], [\text{ms}]$



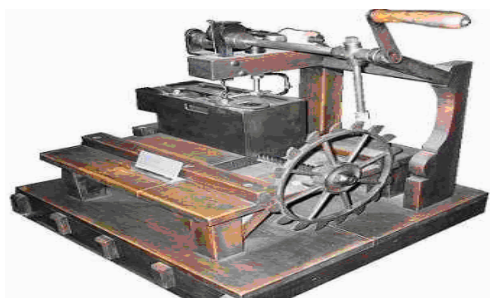
# Obsah

1	Úvod	- 10 -
2	Rešerše mechanismů pohybu jehelní tyče	- 11 -
2.1	Mechanismy hlavního pohybu jehly	- 11 -
2.1.1	Mechanismy hlavního pohybu jehly s trajektorií přímkou	- 11 -
2.1.2	Mechanismy hlavního pohybu jehly s trajektorií obloukovou	- 14 -
2.2	Mechanismy doplňujícího pohybu jehly	- 15 -
2.2.1	Mechanismus s výkyvem jehly ve směru šití – jehelní podávání	- 15 -
2.2.2	Mechanismus s výkyvem jehly příčně ke směru šití	- 16 -
3	Analýza stávajícího systému předávání jehly	- 16 -
3.1	Šicí stroj DECO 2000	- 16 -
3.2	Mechanismus předávání jehly	- 18 -
3.3	Experimentální analýza chování šicího stroje	- 20 -
3.4	Funkční model mechanismu pro předávání jehly se servopohony	- 21 -
3.5	Analýza chování mechanismu pro předání jehel	- 22 -
4	Rozbor zatížení jehly	- 26 -
4.1	Stanovení průpichové síly	- 26 -
4.1.1	Princip měření	- 26 -
4.1.2	Použitá aparatura	- 27 -
4.1.3	Popis měření	- 30 -
4.1.4	Výsledky měření	- 31 -
4.1.5	Závěr měření	- 34 -
5	Návrh variant systému předávání jehly	- 36 -
5.1	Nahrazení mechanické vazby	- 37 -
5.2	Snížením kinetické energie nárazu	- 38 -
5.2.1	Redukce rychlosti úpravou válečku 1 v jehelní tyči	- 38 -
5.2.2	Snížení rychlosti nárazu vzduchovým polštářem	- 42 -
5.2.3	Snížení dorazové rychlosti tlumičem	- 44 -
5.2.4	Pohlcením kinetické energie	- 47 -
5.3	Ověření konstrukčních řešení - Měření hladiny akustického tlaku	- 48 -
5.3.1	Použitá měřicí technika	- 48 -
5.3.2	Postup měření	- 49 -
5.3.3	Výsledky měření a zpracování	- 49 -
6	Závěr	- 52 -
7	Použitá literatura	- 54 -

# 1 Úvod

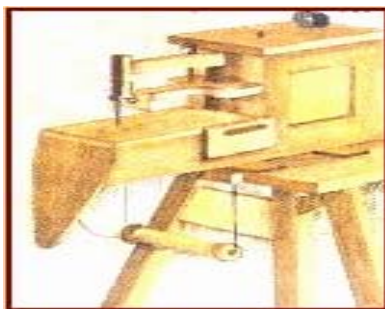
Ruční šití je lidská dovednost stará více jak 20 tisíc let. První šicí jehly byly dělány ze zvířecích kostí a rohů a první nitě ze zvířecích šlach. S postupným technologickým vývojem lidstva, dochází k nahrazení těchto přírodních materiálů – jehla kovem, nitě bavlnou, vlnou, lnem.

V době průmyslové revoluce vzrůstají požadavky na produkci, což vede k postupnému nahrazení lidské práce prací strojovou. Tak v roce 1755 Němec, žijící v Londýně, Karl Weisenthal dává patentovat jehlu pro strojové šití, která má očko uprostřed a dva protilehlé hroty. Patent však neobsahuje vlastní mechanismus stroje, proto se lze jen domnívat, zda šicí stroj v této době opravdu existoval. Teprve o 35 let později (1790) podává rodilý anglický vynálezce Thomas Saint patent k prvnímu šicímu stroji. Není však známo, jestli Thomas Saint vyrobil jeho fungující prototyp. Patent popisuje šídlo, které propichuje kůži a vede jehlu vzniklou dírou. Pozdější replika tohoto stroje, vyrobená dle patentu 1794, ale nepracovala.



**Obr.1 Replika stroje Thomase Sainta**

V následujících letech bylo patentováno mnoho dalších šicích strojů, avšak až roku 1830 francouzský krejčí Bartoloměj Thimonnier vynalezl první, opravdu funkční šicí stroj . Stroj,celý dřevěný, využíval pohybu kola, kterým poháněl jehelní tyč nahoru a dolů. Jehla měla na špičce háček a šila řetízkový steh.



**Obr.2 Šicí stroj Bartoloměje Thimoniera**

Do dnešní doby byly vyvinuty další varianty šicího stroje pro průmyslové nebo domácí použití, pro šití z různých materiálů nebo pro dekorativní šití. Avšak se společnými konstrukčními požadavky: maximální výkon, maximální bezúdržbová doba provozu, dodržení hygienických a ekologických požadavků (hluk, použitý materiál, úspora energie).

Tato diplomová práce se zaměřuje na optimalizaci mechanismů systému předávání jehly šicího stroje DECO 2000 tak, aby stroj mohl pracovat při vyšších rychlostech. Stroj při nejvyšších výkonech vykazuje vysokou hlučnost nevhodnou pro obsluhu stroje. Cílem této práce je udělat práci s ním pro jeho obsluhu snesitelnějším.

## **2 Rešerše mechanismů pohybu jehelní tyče**

Mechanismy pohybu šicí jehly musí splňovat všechny nutné parametry pro bezchybné šití stehu. Pohyby těchto mechanismů jsou časově navázané na ostatní mechanismy a ústrojí šicího stroje, která spolupracují při tvorbě stehu. Jehla pronikne šitým materiálem a při svém návratu zanechává pod materiálem očko z šicí nitě, tu následně zachycuje hrot stehotvorného ústrojí. Hlavní pohyb jehly v této operaci může mít přímočarou nebo obloukovou trajektorii. Jehla vedle svého hlavního pohybu může vykonávat různé doplňující pohyby v závislosti na požadovaném způsobu šití ( například jehelní podávání, pohyb jehly do stran atd.).

### **2.1 Mechanizmy hlavního pohybu jehly**

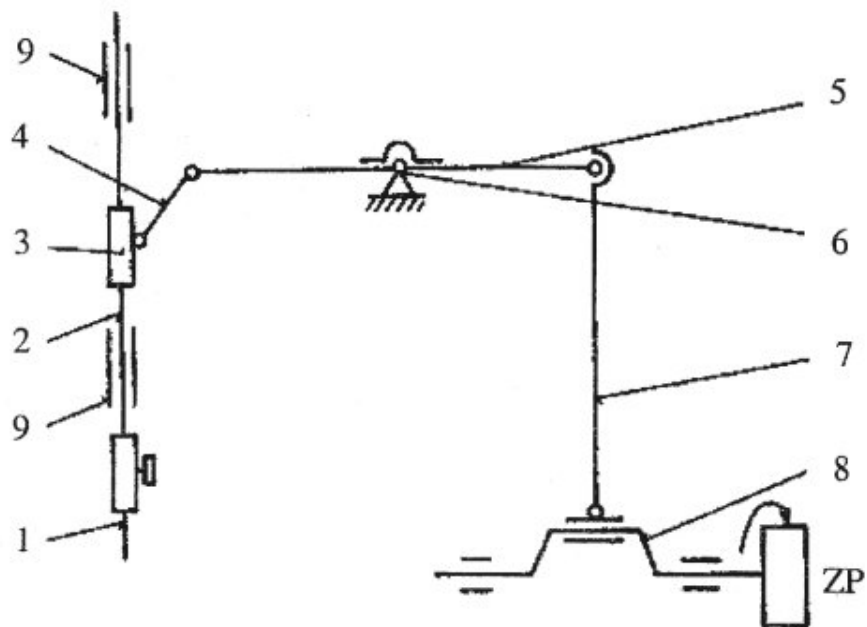
Mechanismus hlavního pohybu jehly můžeme rozdělit dle konané trajektorie hlavního pohybu jehly na mechanismy s přímou trajektorií a na mechanismy s obloukovou trajektorií.[3]

#### **2.1.1 Mechanizmy hlavního pohybu jehly s trajektorií přímou**

Většina šicích strojů má pohyb jehly přímočarý, posuvný a vratný. Vyvození těchto pohybů je řešeno několika způsoby:

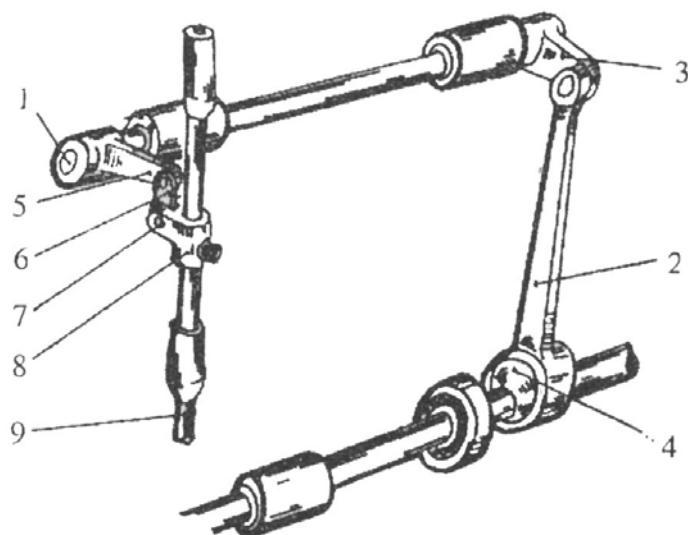
- **Dvouramennou pákou** – dvouramenná páka 5 se otáčí na kulovém čepu 6, uloženém v rámu stroje. Pohyb na rameno páky se přenáší prostřednictvím ojnice 7 z výstředníků lomeného hlavního hřídele 8. Druhé rameno páky přenáší kývavý pohyb přes menší ojnici 8

na unášec 3 jehelní tyče, která je přesně vedená ve dvou kluzných pouzdech 9. Ve spodní části jehelní tyče je uložena jehla 1, která je zajištěna šroubem. Pohyb jehelní tyče může být vůči základní desce kolmý nebo šikmý.[3]



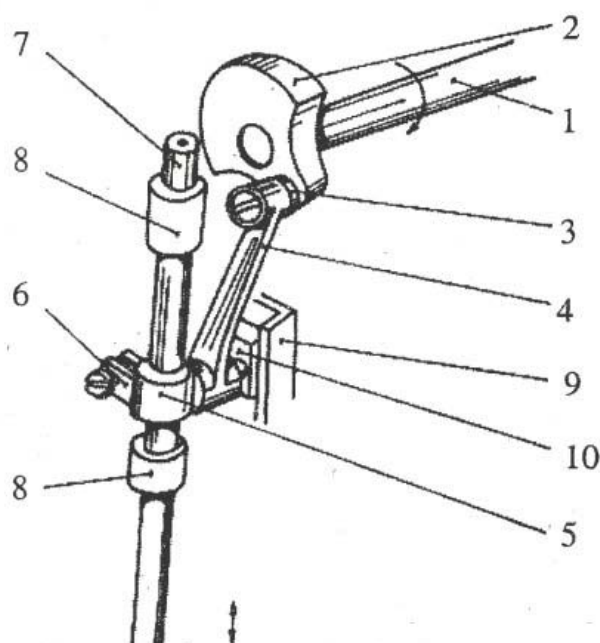
Obr. 2.1.1-1 Mechanismus s dvouramennou pákou

- **Kývavým hřídelem** – kývavý hřídel 1 je uložený v horní části rámu stroje rovnoběžně s dolním, hlavním hřídelem. Na obou dvou stranách je ukončený pákami 3 a 5. Pohyb pravé páky 3 vychází z výstředníku 4 hlavního hřídele přes ojnici 2. Na unášec 8 jehlové tyče 9 přenáší pohyb levá páka 5 přes malou ojnici 6, která je v unášeci 8 zajištěna spojovacím čepem 7.[3]



**Obr. 2.1.1-2 Mechanismus s kývavým hřídelem**

- **Klikový centrický mechanismem** – hlava kliky 2 se otáčí společně s horním hřídelem 1. Unášec jehlové tyče 5 je propojený s hlavou kliky 2 přes ojnici 4 a kliku 3. Podobně jako u předcházejících mechanismů, je i zde unášec 5 uchycený na jehelní tyči a přímočarý pohyb je zabezpečen pouzdry 8. Unášec je na jehelní tyči zajištěn svorkou 6. Snížení hlučnosti a jištění jehelní tyče proti pootočení je docíleno pomocí kamene 10, který se pohybuje v drážce vedení 9 připevněné k rámu stroje. Tento způsob je velmi jednoduchý a proto u šicích strojů převládá.[3]



**Obr 2.1.1-3 Mechanismus klikový centrický**

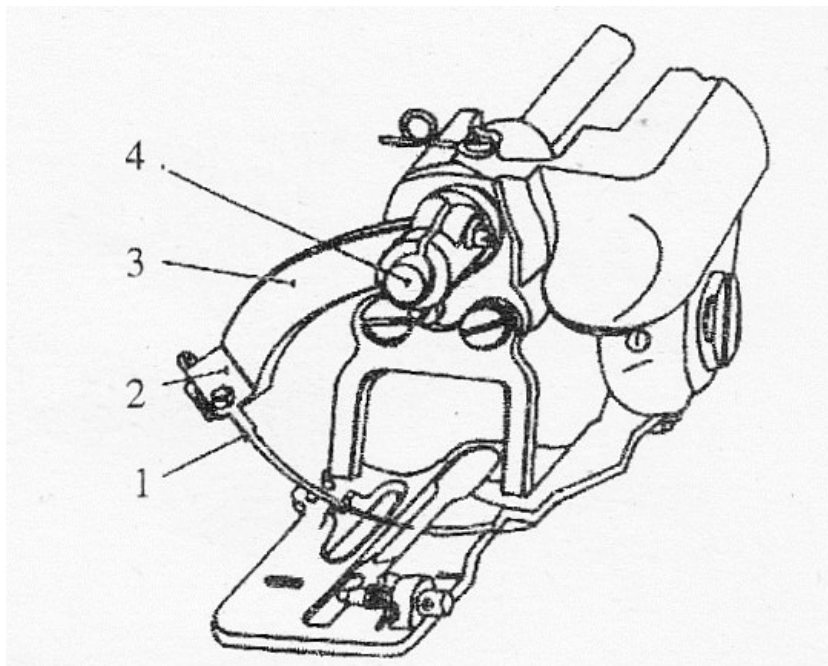
- **Speciální řešení** – používá se ve strojích, které napodobují ruční šití. Pohyb jehly je přímočarý, ale jehla musí být přemístěna z jedné strany materiálu na druhou. Pro provedení se používají dvě možnosti:

- jehla s jedním hrotem, s očkem na opačném konci – po prošití materiálu se musí zabezpečit její otočení, hrotem směrem k materiálu, aby mohla projít nazpět
- použije se plovoucí jehla – jehla s očkem uprostřed a na obou koncích vybavena hroty, přemísťuje se bez otáčení – (šicí stroj DECO 2000 využívá systému dvou jehelních tyčí, které si navzájem předávají jehlu)

### 2.1.2 Mechanizmy hlavního pohybu jehly s trajektorií obloukovou

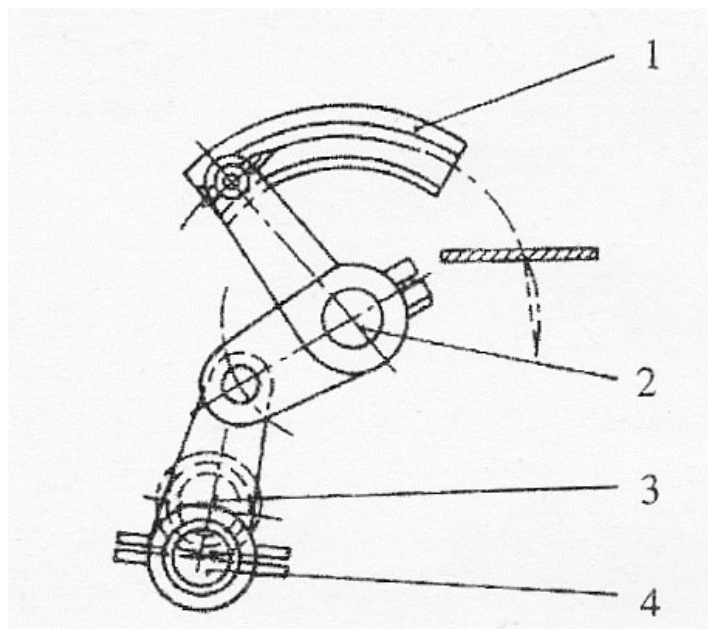
Jehly mají obloukový tvar a pohybují se po obloukové dráze. Oblouková dráha může být:

- **v rovině kolmé na směr podávání** – způsob využívaný například v zapošívacích strojích. Jehla 1 je upnutá v držáku 2 a do pohybu se uvádí ramenem páky 3. Páka přebírá pohyb z kývavého vodorovného hřídele 4, který nahrazuje jehelní tyč. Hřídel je přes páku a ojnici napojený na výstředník hlavního hřídele. [3]



Obr.2.1.2-1 Rozvod obloukového pohybu jehly

- **v rovině rovnoběžné se směrem podávání** – jehla je upnutá přímo v rameni obloukové páky 1. Páka se pohybuje kolem čepu 2, který je poháněn ojnicí 3 z výstředníkového hlavního hřídele 4. [3]

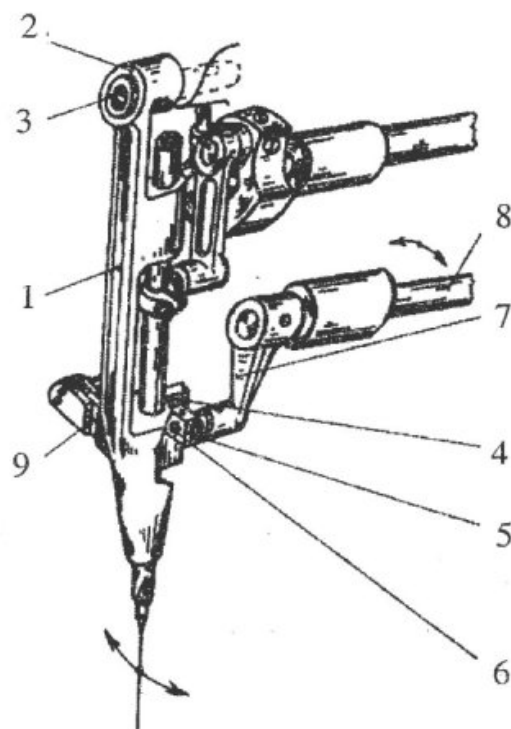


**Obr.2.1.2-2 Rozvod obloukového pohybu jehly  
v rovině rovnoběžné se směrem podávání**

## **2.2 Mechanizmy doplňujícího pohybu jehly**

### **2.2.1 Mechanismus s výkyvem jehly ve směru šití – jehelní podávání**

Jehla se po zapíchnutí do materiálu vykývá ve směru šití, čímž zajistí plynulé podání materiálu. Jehlová tyč je uložena v držáku jehelní tyče 1, který se kývá kolem čepu 3, na němž je nasazen přes náboj 2. Držák jehlové tyče 1 umožňuje svou konstrukcí kromě hlavního pohybu také doplňující pohyb jehelní tyče. Hlavní pohyb jehelní tyče v pouzdrech držáku 1 koná centrický klikový mechanismus, doplňující pohyb vychází z podávacího mechanismu na hřídel jehelního podávání 8. Na hřídeli 8 je napevno vsazena klika 7 a na ni kámen 5 na čepu 6. V dolní části držáku je nálietek s drážkou na uložení kamene. V zadní části držáku je vedení 9, které umožňuje pohyb držáku v kolmém směru.[3]



**Obr 2.2.1-1 Mechanismus s výkyvem jehly ve směru šití**

### **2.2.2 Mechanismus s výkyvem jehly příčném ke směru šití**

Klikové uložení vázaného a řetízkového stehu vyžaduje uložení jehly tak, aby kromě hlavního pohybu byl možný také pohyb do stran v rovině kolmé na směr podávání. Pro široký rozpich musí být jehla přesunutá do krajní polohy po dobu svého pohybu nad materiálem. Jinak by docházelo k ohýbání jehly. Dosažení výkyvného pohybu jehly umožňuje několik typů držáků a mechanismů. Ty se uvádí do pohybu pomocí vaček – nejčastěji trojbokých – přes pákový převod. [3]

## **3 Analýza stávajícího systému předávání jehly**

### **3.1 Šicí stroj DECO 2000**

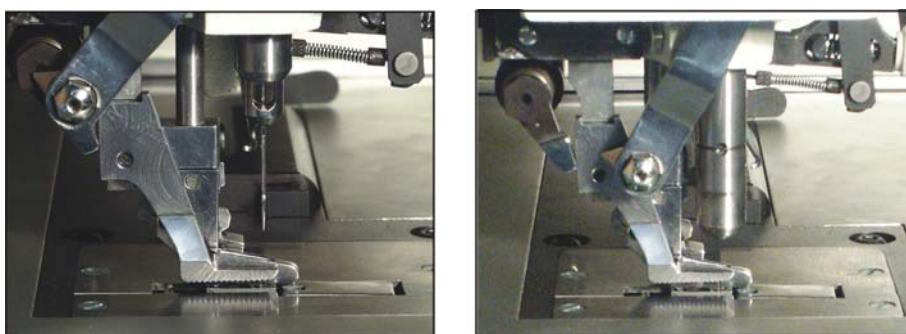
Šicí stroj DECO 2000 je průmyslový šicí stroj vyvinutý ve Spojených státech amerických, vyráběn a zdokonalován ve dceřiné společnosti se sídlem v Prostějově. Šicí stroj DECO 2000 dokonale napodobuje proces ručního šití - šije steh sedlový nebo obrubový. Šije materiály dámskou a pánskou konfekci a výrobky z kůže (např. sedla). Ve srovnání s ruční prací nabízí stroj zvýšení produktivity, snížení zmetkovosti, úsporu lidských zdrojů.





**Obr. 3.1 – 1 Šicí stroj DECO 2000**

Základní vzhled stroje je zřejmý z obrázku 3-1. Rám stroje je svařenec skládající se z různých profilovaných plechů. K rámu je připevněna vlastní konstrukce stroje s pohonem. Na horní části rámu je uložena pracovní deska stroje. Systém, který umožňuje imitovat ruční steh, se nazývá plovoucí jehla. Jedná se o dvojitou jehlu se středovým okem, kterým prochází šicí materiál a tato jehla proniká přes šitý materiál z jedné jehelní tyče do druhé. Tímto způsobem vzniká steh s dokonalou pevností, vyšší kvalitou a větší produktivitou než je tomu u ručního šití. Kvalita šitého díla je dosažena u všech standardních typů látek a to díky této přechodové jehle. Na následujícím obrázku 3–2.a je vidět dvojitá jehla a její uchycení v jehelní tyči. Na obrázku 3-2.b je jehelní tyč v dolní úvratí. Tato samá jehelní tyč se nalézá i pod pracovní deskou stolu a je zrcadlově otočená oproti této horní jehelní tyči. [1]



**Obr. 3.1 – 2 a,b Jehelní tyč**

Šicí stroj DECO 2000 je ovládán mikroprocesorem s grafickým dotykovým displejem. Dotykový displej umožňuje obsluhu snadné a rychlé nastavení požadovaných parametrů, zejména nastavení požadovaného stylu stehu a rychlosti šití. Další možností je i prohození hodnot horního a spodního stehu pomocí reverzního tlačítka umístěného na pracovní desce. Maximální rychlost šití je 500 stehů za minutu, což je cca 10x produktivnější než u ručního šití. Další výhodou tohoto stroje je možnost přesného polohování jehly. Operátor tedy může s jistotou začít proces šití od začátku a může rovněž polohovat jehlu v horní nebo dolní poloze pro navlékání nitě. [1]

### **Pracovní podmínky šicího stroje DECO 2000**

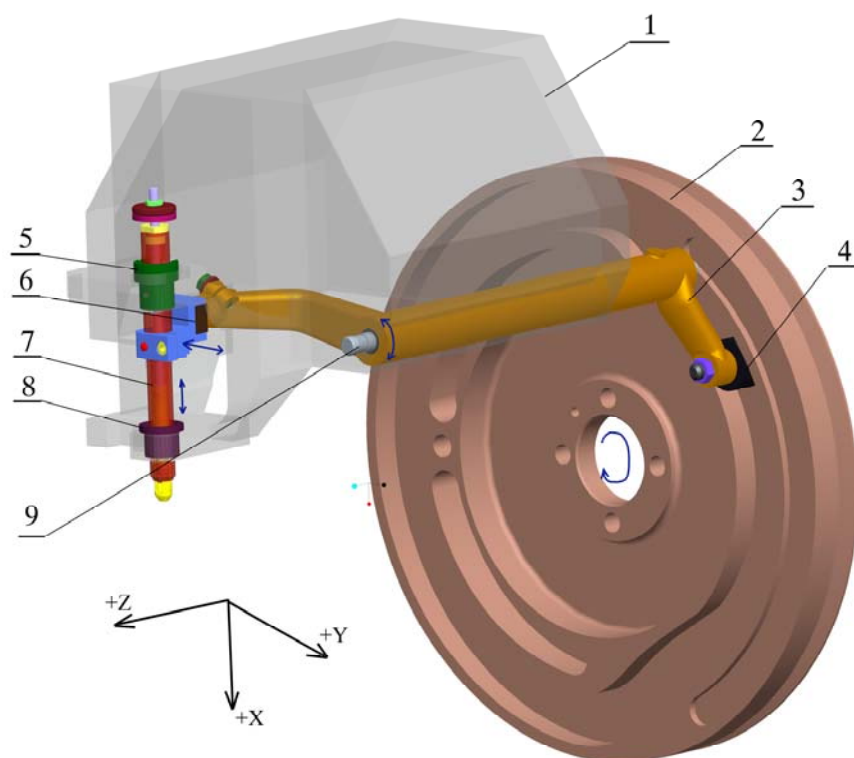
Šicí stroj DECO 2000 je aktuálně provozován ve třech pracovních programech: v režimu SPEED 160, SPEED 380 a SPEED 500 – což odpovídá rychlostem šití 160, 380 a 500 stehů / minutu. Z hygienického hlediska je však režim – SPEED 500 problematický, neboť překračuje přípustnou hladinu hluku a zatěžuje stroj přílišnými vibracemi. Cílem této diplomové práce je snížení hladiny hluku, který je způsoben mechanismem předání jehly.

### **3.2 Mechanismus předávání jehly**

Mechanismus pohybu jehelní tyče je znázorněn na obrázku 3.2-1. Váčkový mechanismus převádí pomocí dvouramenné páky 3 rotační pohyb vačky 2 na přímočarý pohyb jehelní tyče 7. Dvouramenná páka 3 je uložena na hřídeli 9, kolem které se může volně otáčet. Páka je na hřídeli uložena v kluzných pouzdrech. Na pravé straně páky je kámen 4, který je s pákou spojen přes čep. Kámen 5 se pohybuje v drážce vačky 2, a tím určuje časování pohybu jehelní tyče 7. Pohyb vačky obstarává 3fázový asynchronní motor o výkonu 0,37 kW přes klínový řemen. [1]

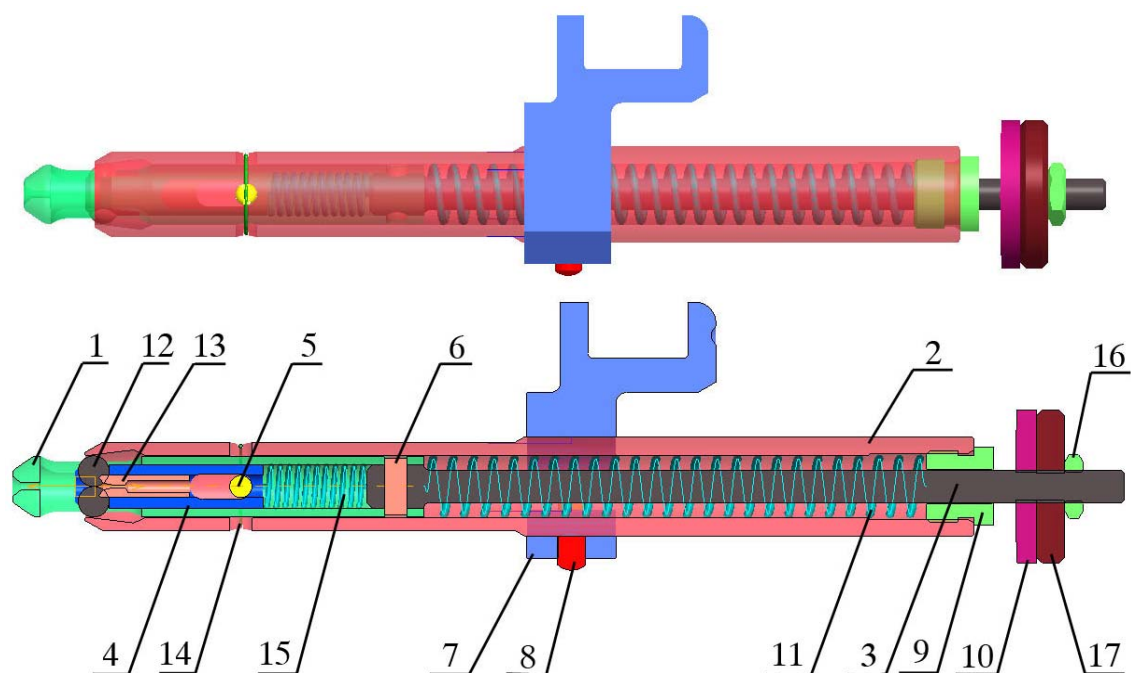
Na levé straně je dvouramenná páka 3 opatřena kamenem 6, který je veden v kulise fixované na jehelní tyči 7. Přesné vedení jehelní tyče je zajištěno pouzdry 5 a 8. [1]

Váčkový mechanismus pohybuje jehelní tyčí mezi horní a dolní úvratí. Správné časování v dráze je nutné ke správnému předání jehly druhému mechanismu, který je zrcadlově položen pod vodorovnou pracovní deskou stroje, v jejíž rovině je šit materiál. Oba dva zrcadlové mechanismy jsou poháněny společnou vačkou 2. [1]



**Obr 3. 2 – 1 Mechanismus pohybu jehelní tyče**

Vlastní mechanismus jehelní tyče zaručuje pevné sevření jehly během šicího procesu, její pevné vedení po celou dobu zdvihu a následné předání jehly do zrcadlově umístěné jehelní tyče. [1]



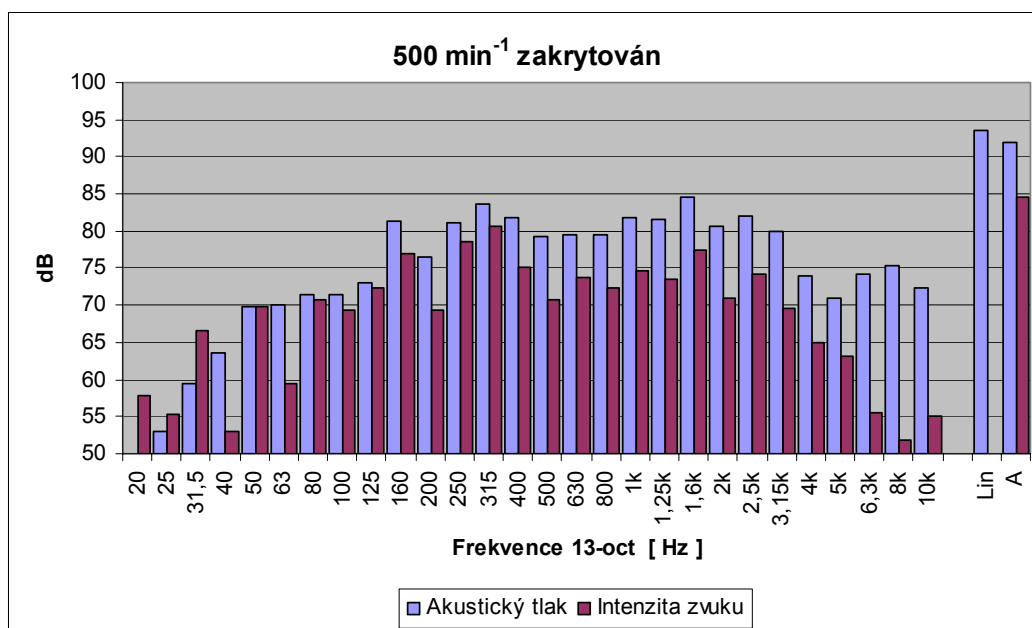
**Obr 3. 3. – 1 Jehelní tyč**

Jehelní tyč koná přímočarý vratný pohyb. K předání jehly dochází v dolní úvratí mechanismu pohybu jehelní tyče. Jehelní tyč se skládá ze tří částí, z pláště jehelní tyče 2, na který je přes kulisu 7 přenášen přímočarý pohyb od dvouramenné páky. Kulisa 7 je na plášti zajištěna šroubem 8. Z kleštin, které mají za úkol držet jehlu při pohybu jehelní tyče a z mechanismu otvírače kleštin, který má za úkol v dolní úvratí uvolnit jehlu pro předání. Kleštiny musí jehlu svírat tak, aby při dalších pohybech nedošlo k jejímu uvolnění. Mechanismus kleštin sestává ze dvou kuliček 12 držících jehlu. Kuličky sevrou nebo uvolní jehlu tím, že se k sobě přiblíží, respektive oddálí. Kuličky jsou uloženy v kleci 4. Poloha klece je vymezena kolíčkem 5, pláštěm 2 a pružinou 15. Výsledná síla od pružin je nastavena tak, aby byly kuličky v základní poloze sevřené. Váleček 1 má funkci při otevírání kleštin. Svým pohybem proti pružině 11, uvolňuje pružinu 15 a nárazem do klece 4 způsobí otevření kleštin tím, že kuličky přesune do vydutě v přední části pláště. Váleček 1 je ovládán táhlem 3, s kterým je napevno spojen čepem 6. Váleček 1 a klec 4 jsou v základní poloze opřeny o kolíček 5. Kolíčkem 5 a zátkou 9 je vymezeno přepětí pružin 11 a 15. Klec 4 je dutá a v jejím vnitřním prostoru se nachází malá pružinka, která v poslední fázi otevření kleštin vystřelí jehlu do zrcadlově umístěné jehelní tyče. Otevření kleštin je inicializováno nárazem otvírače 17 na rám šicího stroje. Otvírač je na táhlu zajištěn maticí a náraz je tlumen pryžovou podložkou 10.

### **3.3 Experimentální analýza chování šicího stroje**

Úkolem experimentální analýzy bylo stanovit hygienické zatížení okolí šicím strojem a určit kritická místa stroje. Za tímto účelem bylo již dříve na Katedře textilních a jednoúčelových strojů provedeno měření intenzity zvuku a následné určení vážené hladiny hluku. Výsledky měření jsou znázorněny v grafu 3.3-1 a výsledky vypsány v tabulce 3.3-1.

[1]



**Graf 3.3-1 Výsledky měření akustického tlaku a intenzity zvuku pro zakrytováný šicí stroj v režimu SPEED 500,**

min <sup>-1</sup>	bez krytů		krytování
	500	380	500
čelní	<b>83,4</b>	<b>80,1</b>	<b>83,6</b>
zadní	<b>80,8</b>	<b>77,7</b>	<b>78,2</b>
pravý bok	<b>78,0</b>	<b>74,3</b>	<b>78,2</b>
levý bok	<b>76,8</b>	<b>73,4</b>	<b>75,7</b>
horní	<b>80,0</b>	<b>76,6</b>	<b>79,7</b>

**Tabulka 3.3-1 Vážené hladiny akustických výkonů**

### 3.4 Funkční model mechanismu pro předávání jehly se servopohony

Pro vývoj nového pohonu jehelních tyčí a mechanismu otvírání kleštin pro uchopení jehly byl sestaven funkční model (obrázek 3.4-1).[6] Ve funkčním modelu byla nahrazen vačkový mechanismus klikovým mechanismem se servopohonem s elektronickým řízením požadované zdvihové závislosti. Na modelu se také ověřuje možnost zvýšení otáček stroje na 300 ot/min.



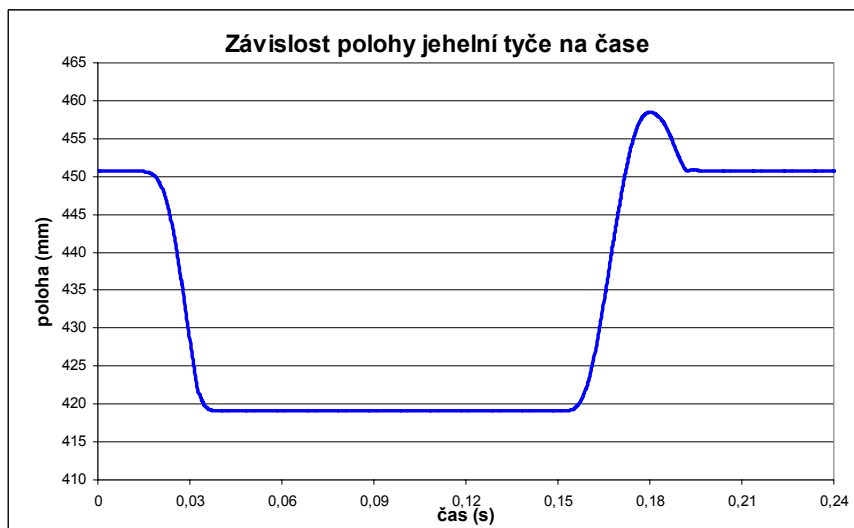
**Obr. 3.4-1 Funkční model se servopohony**

### **3.5 Analýza chování mechanismu pro předání jehel**

Matematický model jehelního mechanismu byl vytvořen pomocí systému Pro/Engineer Wildfire 4.0 v modulu Mechanism. Díly jehelního mechanismu jsou prezentovány pomocí tuhých členů. V modelu jehelního mechanismu vystupují 2 pružiny, které jsou simulovány pomocí funkce SPRING. Dále je v modelu pružná podložka, tlumící náraz otvírače na rám stroje (na obrázku 3.3 – 1 je pod pozicí 10) Tato pryžová podložka je modelována pomocí funkce SPRING a DAMPER, a tím lze podložku simulovat jako těleso poddajné. Mechanismus jehelní tyče a jeho správná funkce je zajištěna soustavou dorazů, které jsou modelovány pomocí funkce CAM, která umožňuje simulovat kontakt těles. Koeficient restituce je nastaven na takovou hodnotu, aby se chování matematického modelu co nejvíce přibližovalo chování reálného mechanismu. Pro nastavení parametrů modelu byl k dispozici videozáznam chodu mechanismu při pracovních otáčkách.

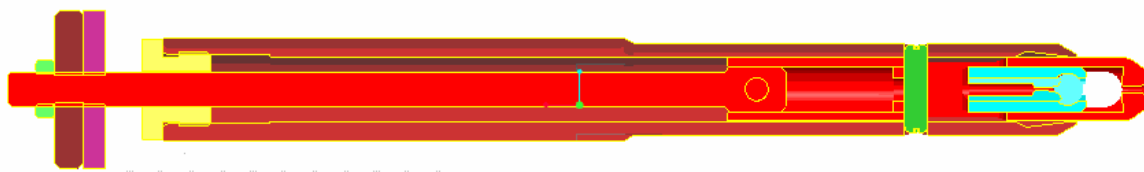
Časový průběh zdvihu jehelní tyče v závislosti na čase v jednom cyklu je zobrazen v grafu 3.5-1, délka periody pro režim SPEED 500 což odpovídá maximálním otáčkám stroje

250 ot/min je 0,24 s:



**Graf 3.5 – 1 Časový průběh zdvihu jehelní tyče pro režim SPEED 500**

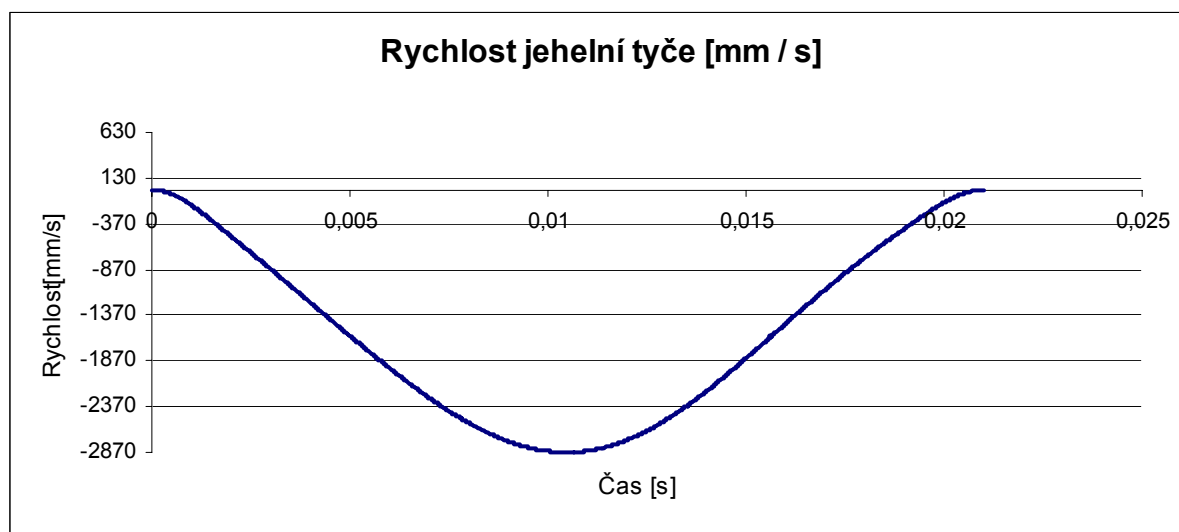
Pro celkovou analýzu není nutné sledovat chování mechanismu po celou periodu zdvihu, ale stačí sledovat přechod z horní úvratě mechanismu do dolní úvratě mechanismu, kdy je dosahována největší hodnota zrychlení. V závěru tohoto úseku dochází k otevření kleštín svírajících jehlu.



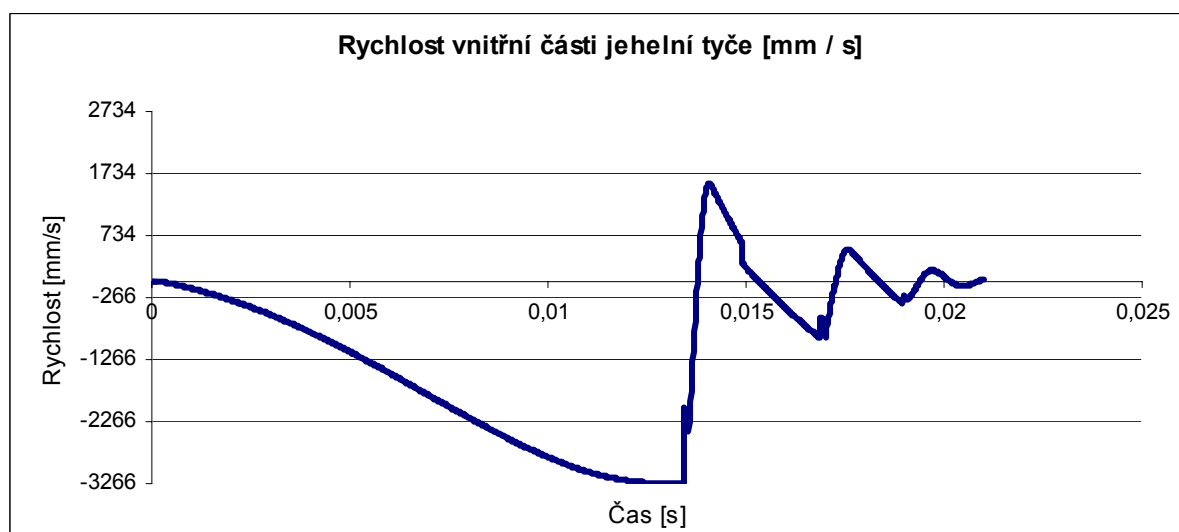
**Obr.3.5-1 Jehelní tyč s červeně vyznačenou vnitřní částí - otvíračem kleštín**

V modulu Mechanism jsou analyzovány kinematické a dynamické poměry jehelní tyče a otvírače kleštín ( na obrázku 3.5-1 vyznačen červeně).

Průběh rychlostí v závislosti na čase:



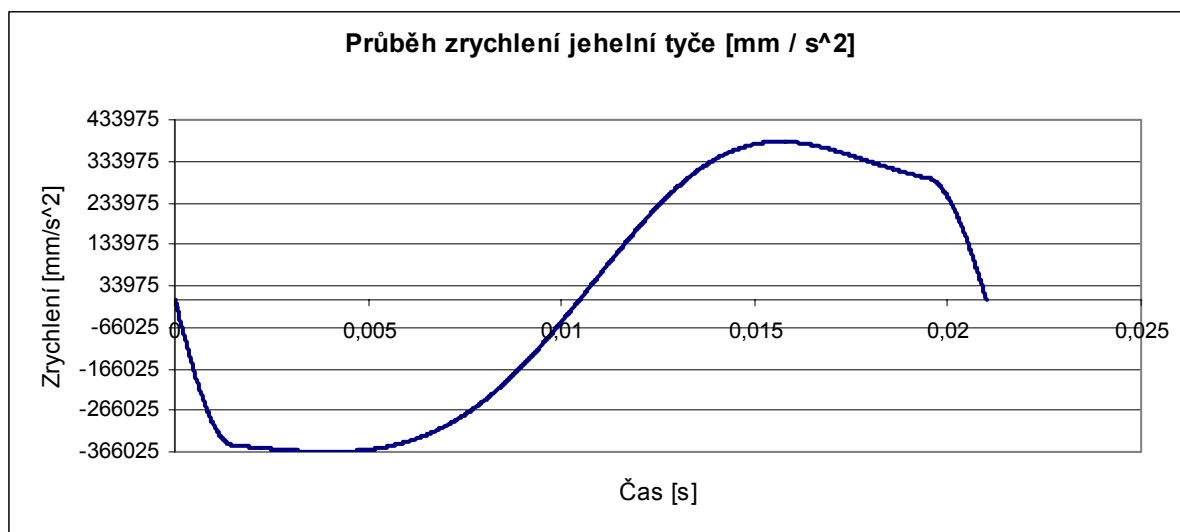
**Graf 3.5 – 2 Průběh rychlosti jehelní tyče při přechodu z horní do dolní úvratě mechanismu**



**Graf 3.5 – 3 Průběh rychlosti vnitřní části jehelní tyče při přechodu z horní do dolní úvratě**

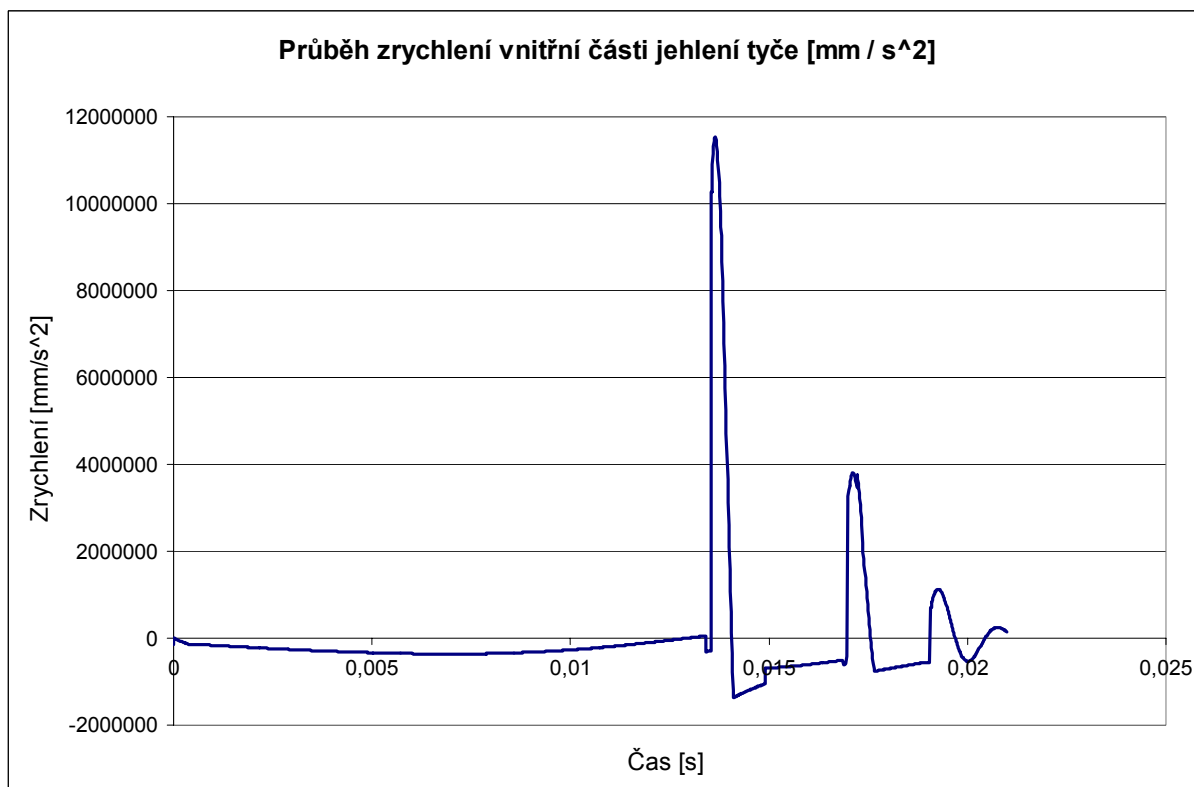


Průběh zrychlení jehelní tyče:



**Graf 3.5 -3 Průběh zrychlení jehelní tyče**

Průběh zrychlení vnitřní části jehelní tyče



**Graf 3.5-4 Průběh zrychlení vnitřní části jehelní tyče**

Prudký zlom v grafu 3.5 - 3 je způsoben nárazem otvírače do rámu stroje. Náraz otvírače kleštin do rámu stroje způsobuje nadměrný hluk a přenos vibrací do rámu stroje zejména při

vysokých rychlostech. Mohutnost rázu otvírače do rámu odpovídá kinetické energii při jeho dopadu. Snížením kinetické energie při dopadu, lze snížit ráz a tím i hluk a vibrace.

V daném případě otvírač naráží do rámu rychlostí stroje 3,25 m/s. Hmotnost vnitřní pohyblivé části je 0,092 kg.

Pro kinetickou energii platí

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$
$$E_k = \frac{1}{2} \cdot 0,092 \cdot 3,254^2 J = 0,4857 J \quad (2)$$

Na grafu 3.5-4, který zobrazuje průběh zrychlení vnitřní části jehelní tyče jsou vidět zakmitání dosahující až 10000 m/s<sup>2</sup>. Jsou způsobena deformací při nárazu pryžové podložky tlumící náraz otvírače na rám stroje.

## **4 Rozbor zatížení jehly**

Na jehlu obecně působí setrvačné dynamické síly a pracovní síla. Pracovní silou, která působí na jehlu je průpichová síla při procesu šiti.

Pracovní síla ovlivňuje dynamické chování vnitřní pohyblivé části - otvírače kleštin.

Pro stanovení velikosti průpichové síly bylo provedeno měření.

### **4.1 Stanovení průpichové síly**

#### **4.1.1 Princip měření**

Pro měření průpichové byl navržen přípravek ve tvaru stehové destičky, ve kterém byl v místě průpichu materiálu vytvořen vetknutý nosník. Nosič bude při průniku jehly zkoušenou látkou, kůží, namáhán na ohyb. Vzniklý průhyb zaznamenají tenzometry a změni průchozí elektrickou veličinu. Tato elektrická veličina se v měřící ústředně převede na silovou veličinu (Newton). Z měřící ústředny byla data přenášena do laptopu a v něm ukládána do textového souboru, z kterého pak byla vyhodnocena v programu Microsoft Excel.

### 4.1.2 Použitá aparatura

#### Měřicí ústředna MGC +

představuje univerzální modulární systém pro vícekanálová statická i dynamická měření. Umožňuje měření veličin snímaných snímači tenzometrickými, indukčnostními, piezoelektrickými i piezorezistivními, potenciometrickými, měření napětí, proudu, teploty (pomocí termočlánku i odporových snímačů teploty Pt100), frekvence, úhlové rychlosti a polohy (pomocí inkrementálních snímačů), obsahuje čítače, podporuje [TEDS](#)...

#### Výstupy:

±10V,

LPT,

RS232, RS485,

Ethernet,

USB,

PCMCIA slot (umožňující

záznam na HDD

nebo flashdisk)

#### Tenzometry 1-LY11-6/120

Specifikace výrobcem:

rozměry:  $a = 6\text{mm}$

$b = 2,8\text{mm}$

$c = 13\text{mm}$

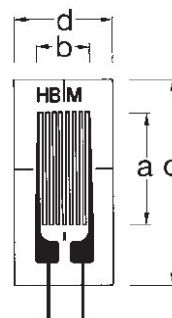
$d = 6\text{mm}$

jmenovitý odpor:  $R_0 = 120\Omega \pm 0,35\%$

součinitel deformační citlivosti:  $k = 2,08 \pm 1\%$

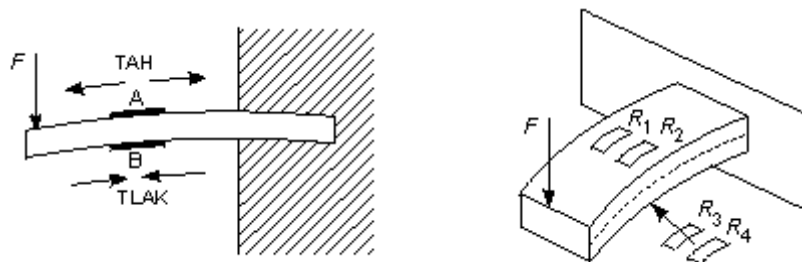
efektivní mostní budicí napětí: 8V

maximální relativní deformace: 50 000  $\mu\text{m/m}$



Tenzometry byly na nosníku zapojeny do můstku, aby se docílilo nejvyšší citlivosti.

Umístění tenzometrů na nosníku

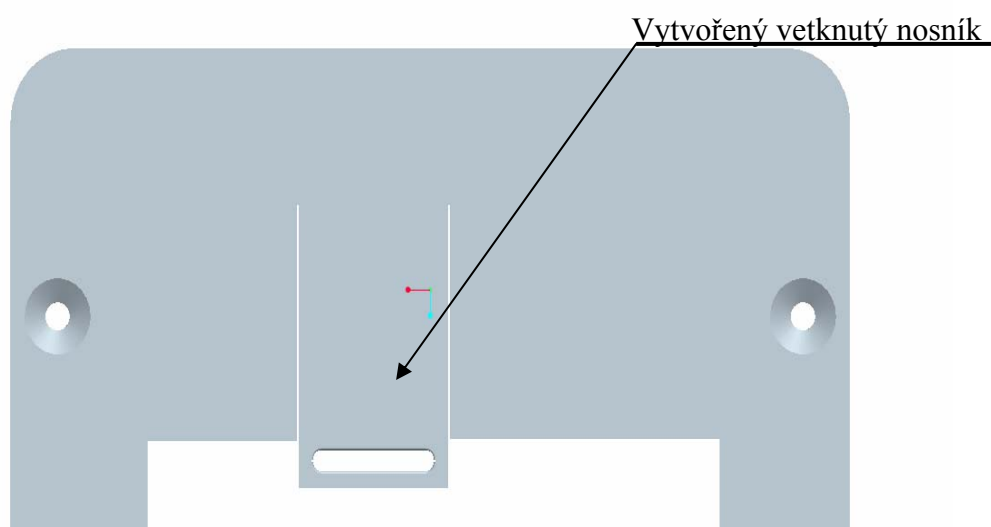


**Obr. 4-1 Namáhání tenzometrů na snímači**

### **Přípravek pro snímání průpichové síly**

Požadavky na přípravek:

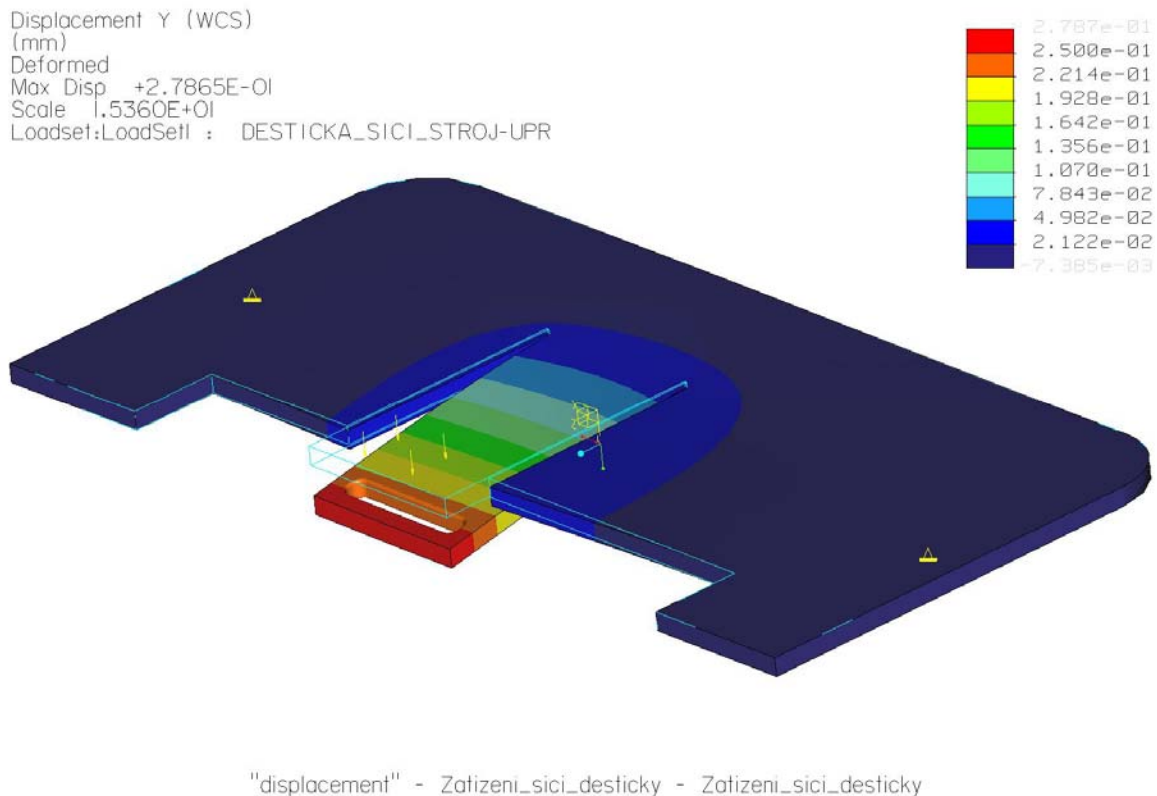
- Dostatek místa pro tenzometry
- Poměrný ohyb nosníku je maximálně 50 000  $\mu\text{m}/\text{m}$
- Tvar stehové destičky
- Místo pro můstek – zapojení tenzometrů



**Obr. 4-2 Přípravek pro měření průpichové síly**

Přípravek byl v aplikaci Mechanica program ProE Wildfire pokusně zatížen silou, jejíž velikost byla zvolena tak, aby byla větší než pravděpodobná velikost průpichové síly. Její velikost byla odhadnuta na hodnotu 30N. Průhyb nosníku, na konci nesmí přesáhnout hodnotu odpovídající poměrnému ohybu pro danou velikost nosníku :50000 $\mu\text{m}/\text{m}$ . Délka výřezu pro vetknutý nosník je 25 mm, a pro něj maximální dovolený průhyb pro tenzometry :

$$y_{DOV} = 50000 \cdot 0,025 \mu\text{m} = 1,25\text{mm}$$



**Obr. 4-3 Deformace přípravku po zatížení silou 30N**

Z obrázku je patrné, že maximální průhyb na konci nosníku při zatížení 30N je

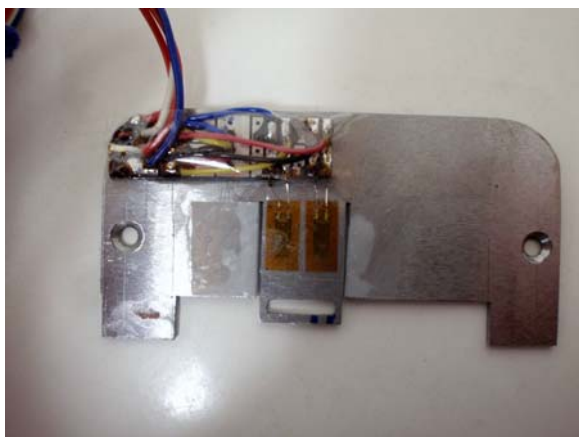
$$y_{\max} = 0,27865 \text{ mm}$$

$$0.27865 \ll 1.25 \text{ mm}.$$

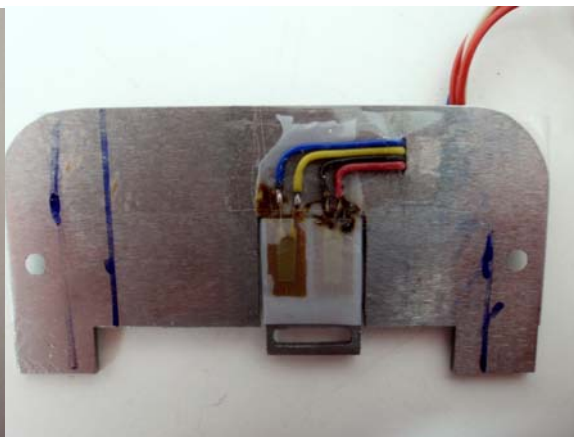
$$y_{\max} \ll y_{DOV}$$

Do přípravku byla po jeho výrobě vybroušena drážka, kterou byly protaženy kabely spojující tenzometry na spodní straně přípravku s tenzometry na horní straně. Tenzometry byly zapojeny do můstku a k němu byla připojena sběrnice pro připojení k měřicí ústředně.

Tenzometry byly k přípravku přilepeny vhodným lepidlem a aby nedošlo k jejich poškození šitým materiálem, který je přes stehovou destičku posouván, byly potaženy teflonovým papírem.



**Obr. 3-3 Pohled na snímač shora**



**Obr.3-4 Pohled na snímač zdola**



**Obr.3-5 Přípravek připravený k montáži**

Měřicí sestava byla kalibrována závažím o hmotnosti 1 kg, tak aby výstup signálu odpovídající tomuto zatížení byl nastaven na 1N.

### **4.1.3 Popis měření**

K měření byly vybrány tři vzorky pravděpodobně nejtuzšího materiálu, který tento šicí stroj šije. Všechny tři vzorky byly z kůže, lišící se tuhostí a tloušťkou:

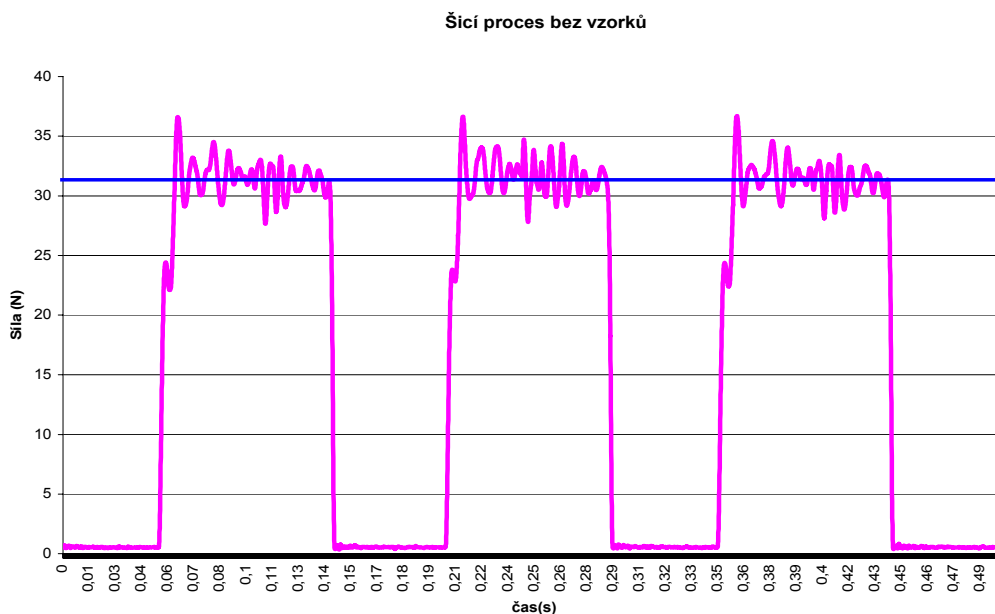


**Obr. 4-1 Testované materiály – zleva vzorek #1,#2,#3**

Bylo šito nejprve bez materiálu při rychlosti SPEED 380, poté bylo provedeno měření pro každý vzorek v režimech SPEED 190, 380 a 500.

#### **4.1.4 Výsledky měření**

Nejprve bylo provedeno měření na šicím stroji bez šité látky. Měření bylo provedeno v režimu SPEED 380 a mělo stanovit silové působení na stehovou destičku od mechanismů šicího stroje nepodílejících se na průpichu šitého materiálu.



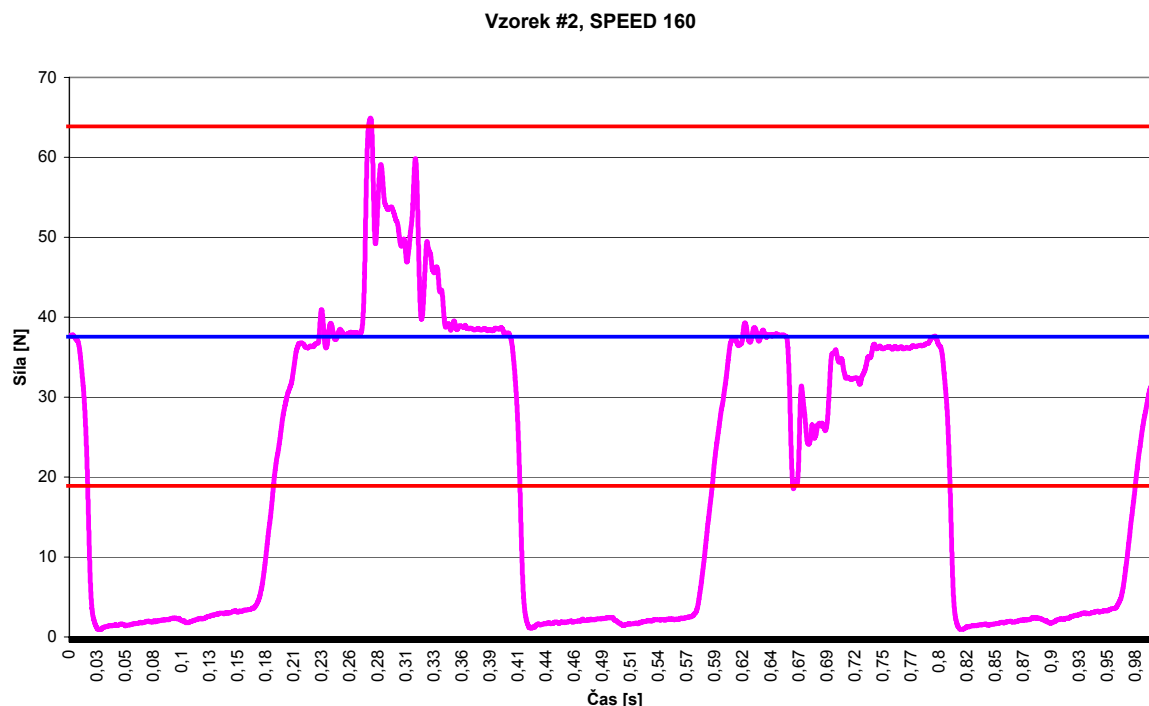
**Graf 4 – 1 Průběh zatížení destičky při chodu na prázdno, SPEED 380**

Z grafu 4-1 je patrné, že ačkoliv stroj nešil žádný materiál, stehová destička byla silově namáhána. Silové zatížení je od patkového mechanismu, který je koordinován s pohybem jehelní tyče. Patkový mechanismus má za úkol přidržovat šitý materiál a to tím že ho patkou přitlačuje ke stehové destičce.

Z naměřených hodnot je patrné, že patka působí na destičku přitlačnou silou přibližně 32 N. Na grafech bude tato hodnota vyznačena modrou linkou a při vyhodnocení dalších měření bude sloužit pro odečet vlastní velikosti průpichové síly.

### Měření průpichové síly při režimu SPEED 160

Byly proměřeny všechny tři vzorky. Průběh síly působící na stehovou destičku je patrný na grafu 4-2:



**Graf 4 - 2 Průběh sil působících na destičku v režimu SPEED 160**

Síla vyvozená patkou je v tomto případě 38 N, tato síla je vyznačena v grafu 4-2 modrou linkou a je použita jako nulová čára pro určení velikosti průpichové síly. Nárůst této síly oproti její velikosti při šití bez vzorků je dána tloušťkou šitého materiálu. Čím bude větší tloušťka šitého materiálu, tím bude nosník více ohýbán a snímaná síla bude větší.

Z průběhu zatížení destičky lze určit průběh průpichové síly odečtením od nulové čáry. V kladném smyslu osy je síla vyvozena horní jehelní tyčí, v záporném od dolní jehelní tyče. Po dosažení maximální hodnoty průpichové síly je patrný pokles její hodnoty, který je způsoben vratným pohybem nosníku po průniku jehly. Další špička, která následuje je vyvozena průchodem jehly skrz materiál po předání do protilehlé jehelní tyče.

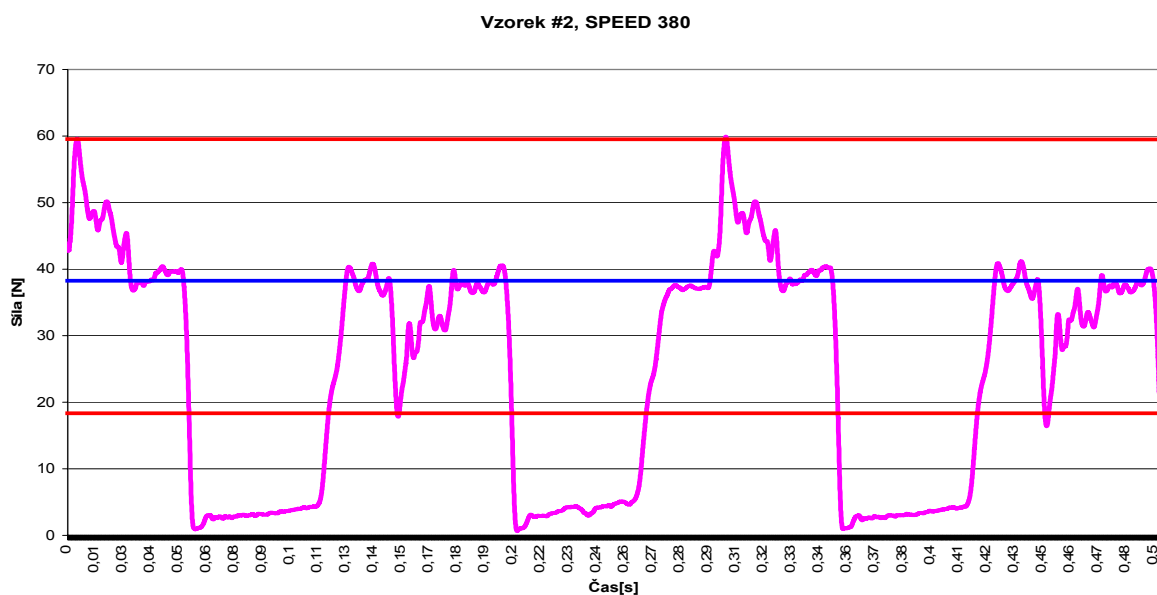
Při průniku dolů (v kladném smyslu osy) jehlou horní jehelní tyče je namáhána destička u vzorku číslo 1 silou 23 N, u vzorku číslo 2 silou 26 N a u vzorku číslo 3 silou 23 N.



Prŕpichov síla vyvozen jehlou dolní jehelní tyčí neni pro stanoven prŕpichov síly relevantn. Je ovlivněna pŕsobenm patkového mechanismu.

### Měření prŕpichov síly v reŕimu SPEED 380

Pro měření platí stejn podmínky jako u měření v reŕimu SPEED 160. Prŕbh silového namáhání stehov destcky je zobrazeno na grafu 4 -3.



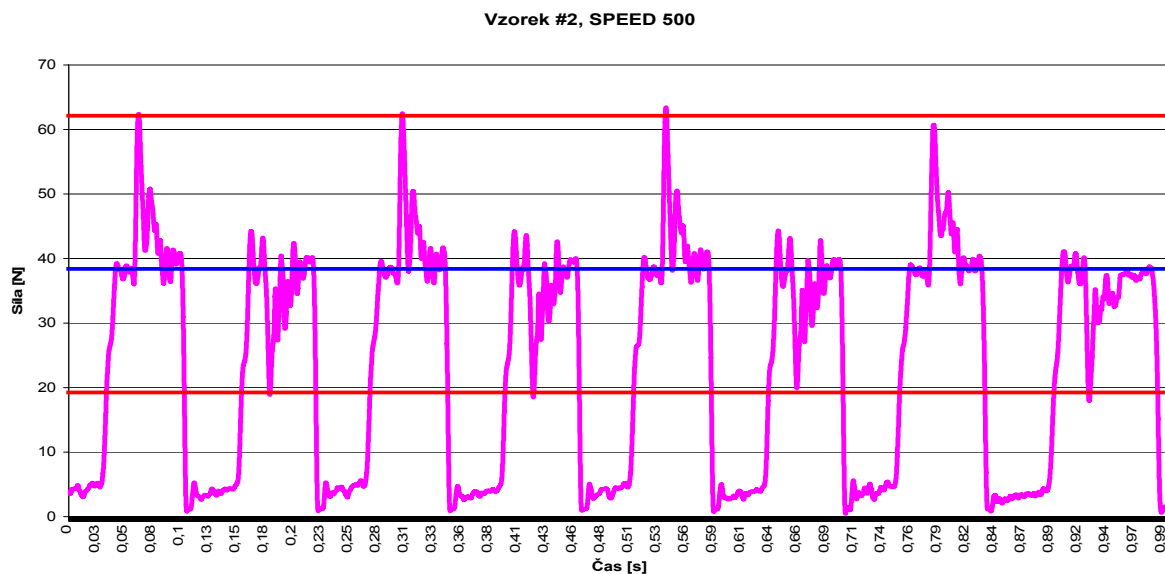
**Graf 4 -3 Prŕbh sil pŕsobcch na destcky v reŕimu SPEED 380**

Modr čára odpovd sle vyvozen patkovm mechanismem, v reŕimu SPEED 380 a pro vzorek 2 má síla velikost 38 N.

Velikosti prŕpichovch sil jsou pro vzorek číslo 1 22 N, pro vzorek číslo 2 23 N, pro vzorek číslo 3 25 N.

### Měření prŕpichov síly v reŕimu SPEED 500

Síla vyvozen patkou, zŕstv stejn 38 N. Prŕpichov síly pro jednotliv vzorky jsou 23 N pro vzorek číslo 1, pro vzorek číslo 2 24 N a pro vzorek číslo 3 20 N.



**Graf 4 -4 Průběh sil působících na destičky v režimu SPEED 500**

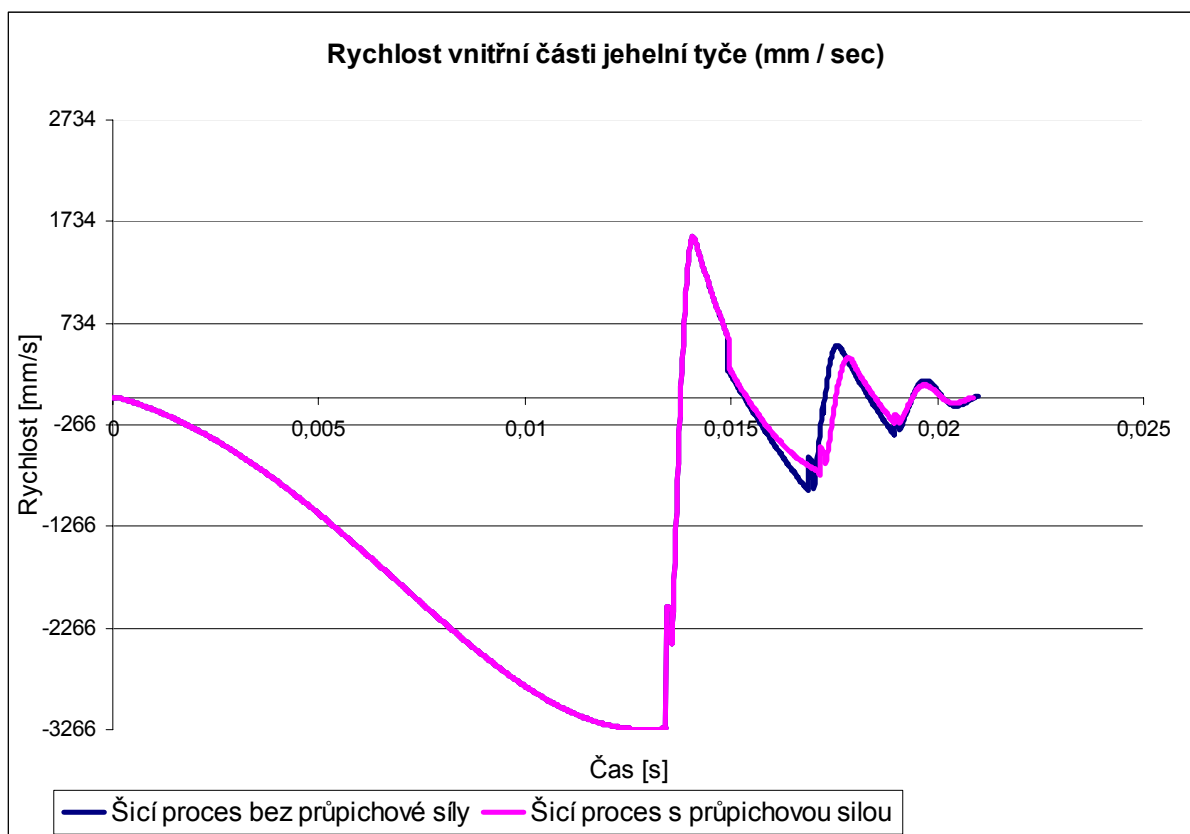
#### 4.1.5 Závěr měření

Měřením bylo zjištěno, že velikost průpichové síly prakticky nezávisí na rychlosti šití. Velikost je pouze ovlivněna vlastnostmi šitého materiálu.

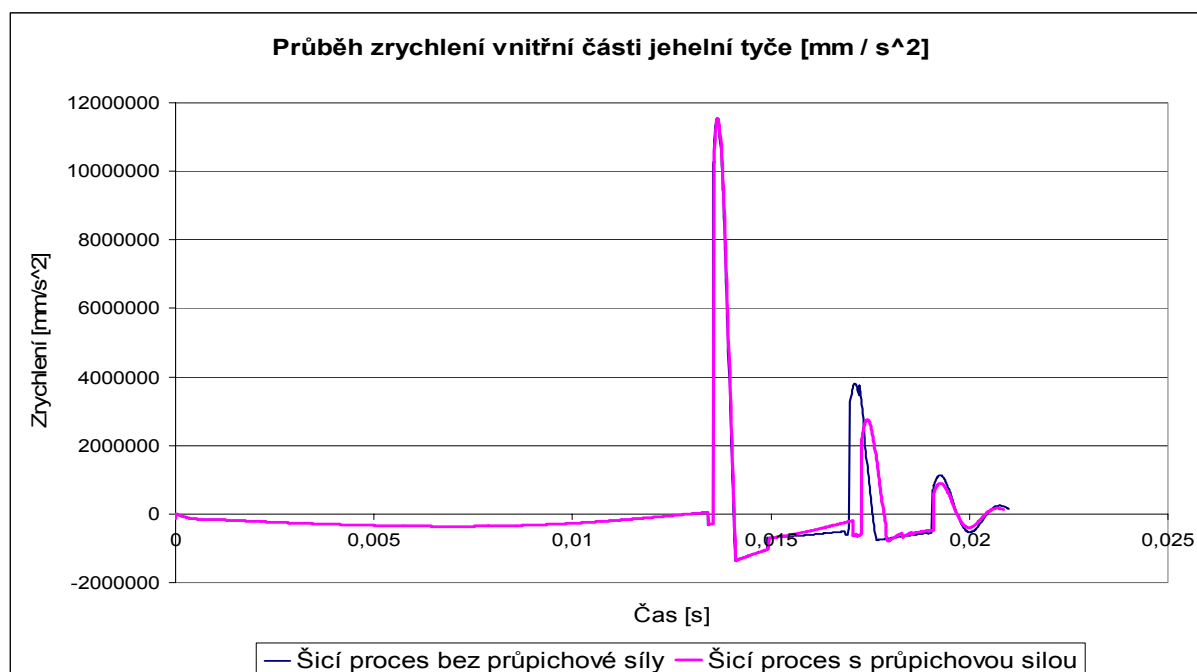
	velikost průpichové síly [N]		
	SPEED 160	SPEED 380	SPEED 500
vzorek #1	23	22	23
vzorek #2	26	23	24
vzorek #3	23	25	20

**Tabulka 4- 1 Velikosti průpichových sil pro jednotlivé režimy a materiály**

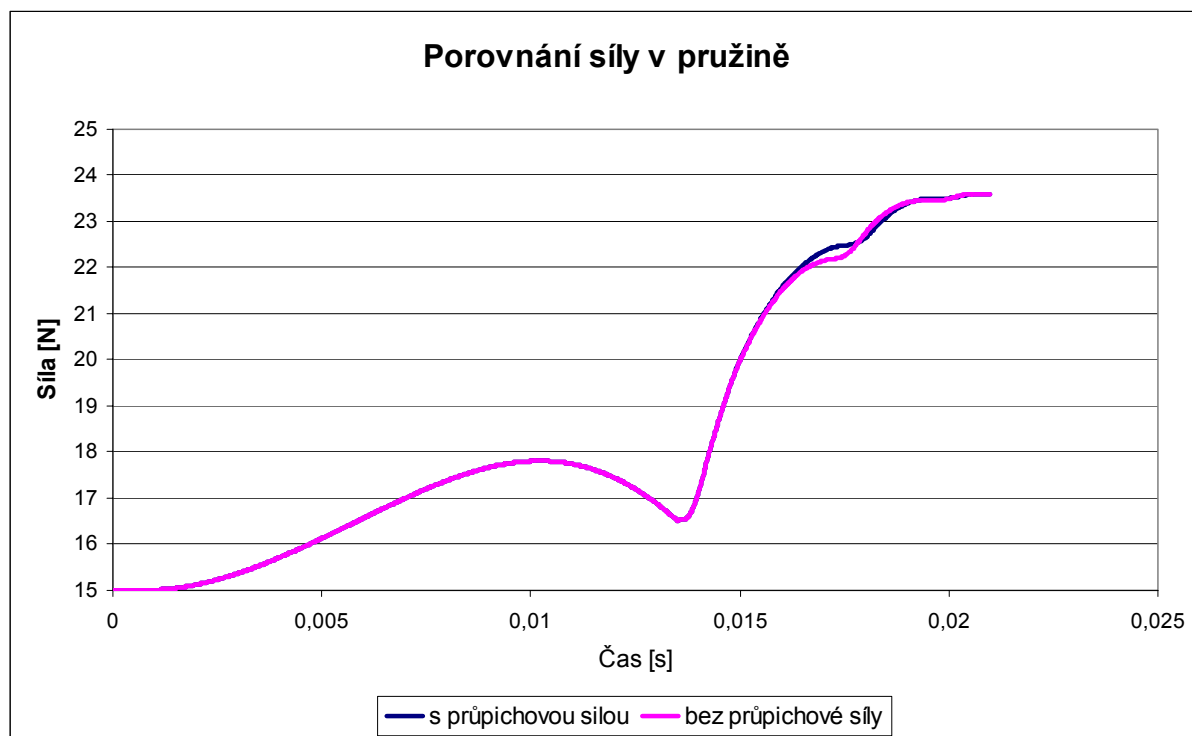
Průpichová síla byla zahrnuta do modelu simulujícího mechanismus šicího stroje, aby se ověřil předpoklad rozdílného zatížení šicího stroje při chodu na prázdko a šijícího materiálu a také pro zpřesnění simulace mechanismu v aplikaci Mechanism.



**Graf 4 – 5 Srovnání rychlostí vnitřní části jehelní tyče pro stroj se zahrnutou průpichovou silou a bez ní , SPEED 500**



**Graf 4 – 8 Srovnání zrychlení jehelní tyče pro stroj se zahrnutou průpichovou silou a bez ní, SPEED 500**



**Graf 4 –9 Srovnání síly od velké pružiny v jehelní tyči se zahrnutou průpichovou silou a bez ní**

Zahrnutím průpichové síly do modelu, bylo zjištěno, že její působení výrazně neovlivňuje proces otevření kleštín. Projevuje se až po nárazu otvírače na rám stroje. Předpokládaný pozitivní vliv na zpomalení jehelní tyče při šití se nepotvrdil. Průnik jehly do materiálu nastává až po nárazu otvírače kleštín do rámu stroje.

## 5 Návrh variant systému předávání jehly

Šicí stroj DECO 2000 při vyšších otáčkách, v režimech SPEED 380 a SPEED 500 nachází své limity, které plynou z konstrukce stroje. Hlučnost je limitem pro zvýšení výkonu nebo i plného využívání aktuálních možností stroje – překračování přípustné hladiny hluku při rychlosti SPEED 500.

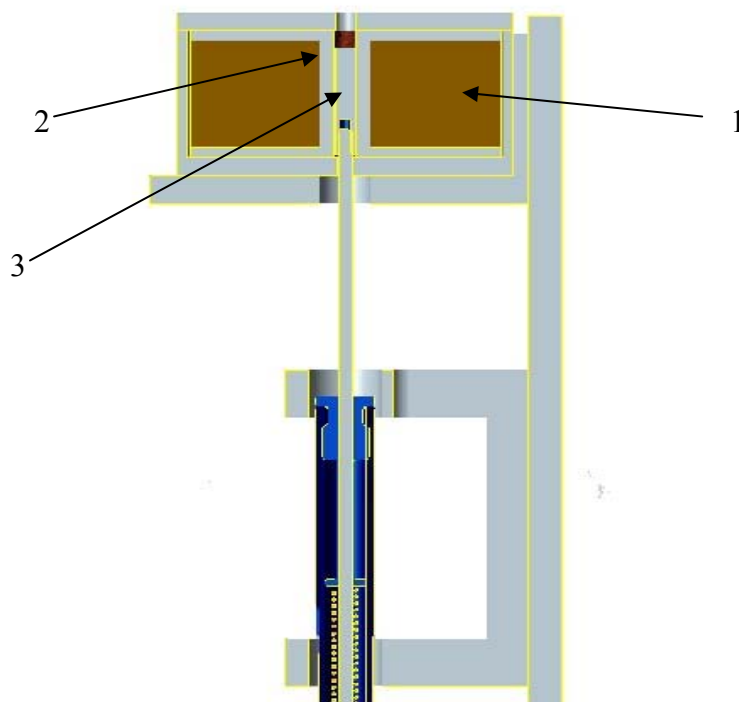
Úkolem této diplomové práce je potlačení hluku způsobeného mechanickou vazbou otvírače kleštín tvořených otvíračem a tuhým rámem stroje kdy jsou nárazy otvírače zdrojem rázu a vibrací.

Jako možné řešení se nabízí buď mechanickou vazbu úplně odstranit nebo pomocnými prostředky snížit dorazovou rychlost a nebo určitým způsobem pohltit kinetickou energii dorazové části a zabránit jejímu přenosu do rámu stroje.

## 5.1 Nahrazení mechanické vazby

Nahrazení mechanické vazby jiným fyzikálním prostředkem s jiným fyzikálním jevem, který je schopen velkého silového působení a rychlého opakování. Vyhnout se nárazu otvírače na rám stroje lze například jeho zadržením v elektromagnetickém poli.

Otvírač můžeme použít jako jádro solenoidu, na rámu stroje umístit těleso cívky a využít toho, že při průchodu proudu cívkou, bude feromagnetické jádro (otvírač) vtahováno elektromagnetickou silou do středu cívky.



**5.1. - 1 Schéma možného řešení pomocí solenoidu**

Popis obrázku 5.1 -1 - pozice 1 vinutí cívky, 2 pólové nástavce zajišťující vedení magnetického toku, pozice 3 feromagnetické jádro.

Problémy tohoto řešení jsou velký zdvih otvírače kleštin, vzduchové mezery mezi jádrem a cívkou, omezené možnosti uzavření magnetického pole. Zdvih klade nereálné požadavky na práci magnetického pole. Vzduchové mezery zase mají za následek silné zeslabení elektromagnetického pole. Zdvih jehelní tyče vede k předpokladu, že cívka musí být průchozí,

nebo musí být dostatečně vysoká, aby se dala uzavřít. V tomto případě by zase část cívky nebyla využita, ale pro požadovaný výkon by stejně musela být napájena.

Všecky tyto zápory vedou k návrhu systému s vysokým výkonem (až 4 kW) a požadují materiál jádra s takovými elektromagnetickými vlastnostmi, které ještě nejsou dostupné na trhu. Nehledě na to, že vodič tvořící cívku by musel mít pravděpodobně supravodivé vlastnosti.

## 5.2 Snížením kinetické energie nárazu

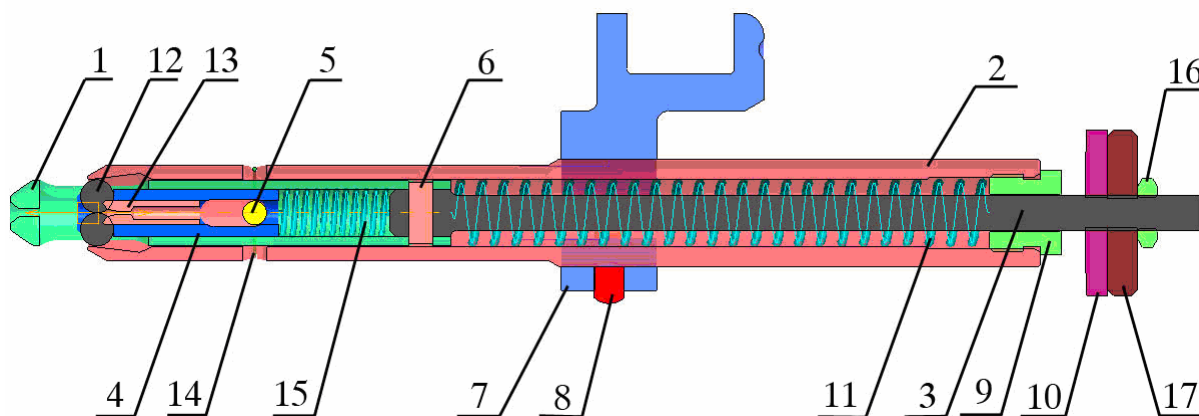
Ze vztahu pro výpočet kinetické energie :

$$E = \frac{1}{2} m.v^2$$

vyplývá jako nejvýhodnější, zaměřit se na snížení nárazové rychlosti, která je ve vzorci ve čtverci a její redukce bude nejefektivnější.

### 5.2.1 Redukce rychlosti úpravou válečku 1 v jehelní tyči

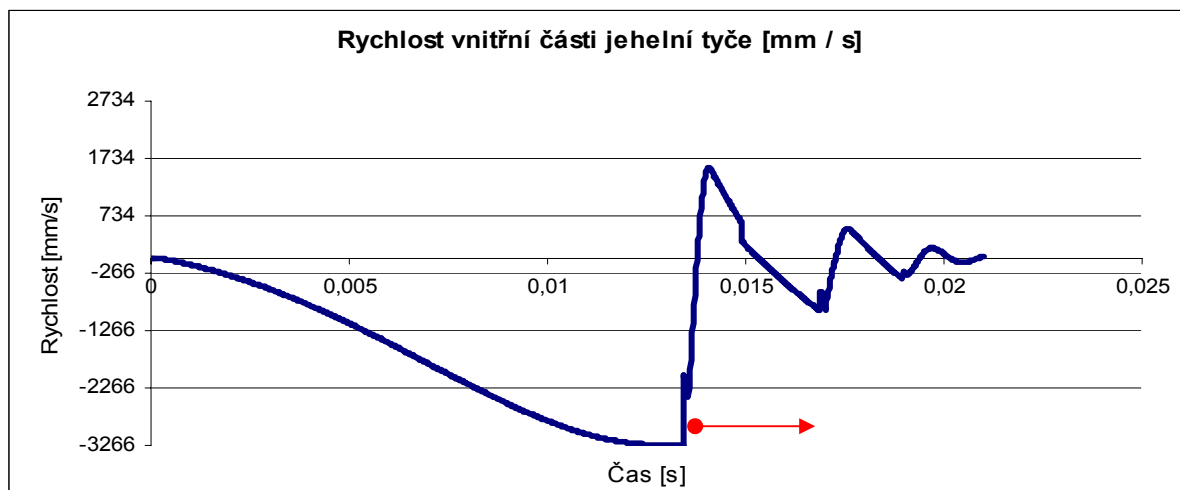
Váleček 1 je pevně spojen s otvíračem kleštin pomocí táhla 3. Zasunutím válečku 1 je způsobeno otevření kuliček (kleštin) umístěných v kleci 4. Otevření je realizováno posunem kuliček do výřezu v plášti jehelní tyče 2.



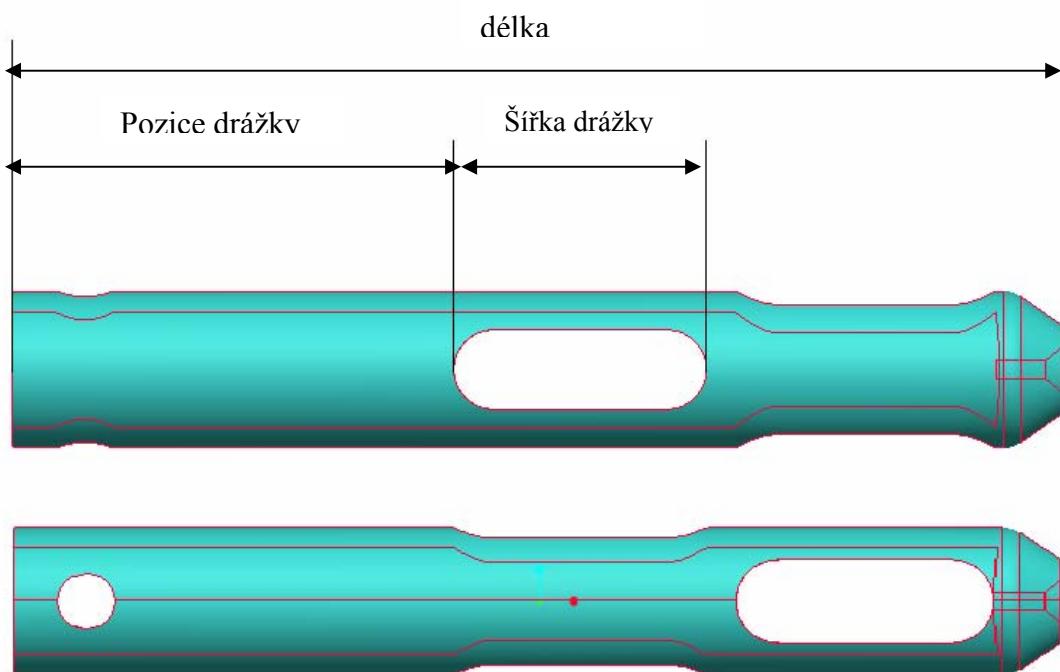
**Obr 5.2-1 Jehelní tyč.**

Váleček 1 je drážkou, okótovanou na obrázku 5.2-2, opřen o kolíček 5. Zmenšením šířky drážky směrem doprava ve smyslu obrázku máme možnost posunout čas počátku otvírání kleštin. Aktuálně jsou kleštiny otvírány téměř při nejvyšší rychlosti, kterou jehelní tyč dosahuje. Zpožděním doby otvírání, se vyhneme rychlostnímu maximu a zmenšíme

nárazovou rychlost. Pro další funkci válečku 1 je nutné zachovat stejnou polohu pravé části drážky. Velikost zkrácení může být maximálně 5 mm, větší zkrácení by znemožnilo otvírání kleštin.



**Graf 5.2-1 Průběh rychlosti s vyznačením směru posunu dorazu v závislosti na zkrácení drážky**

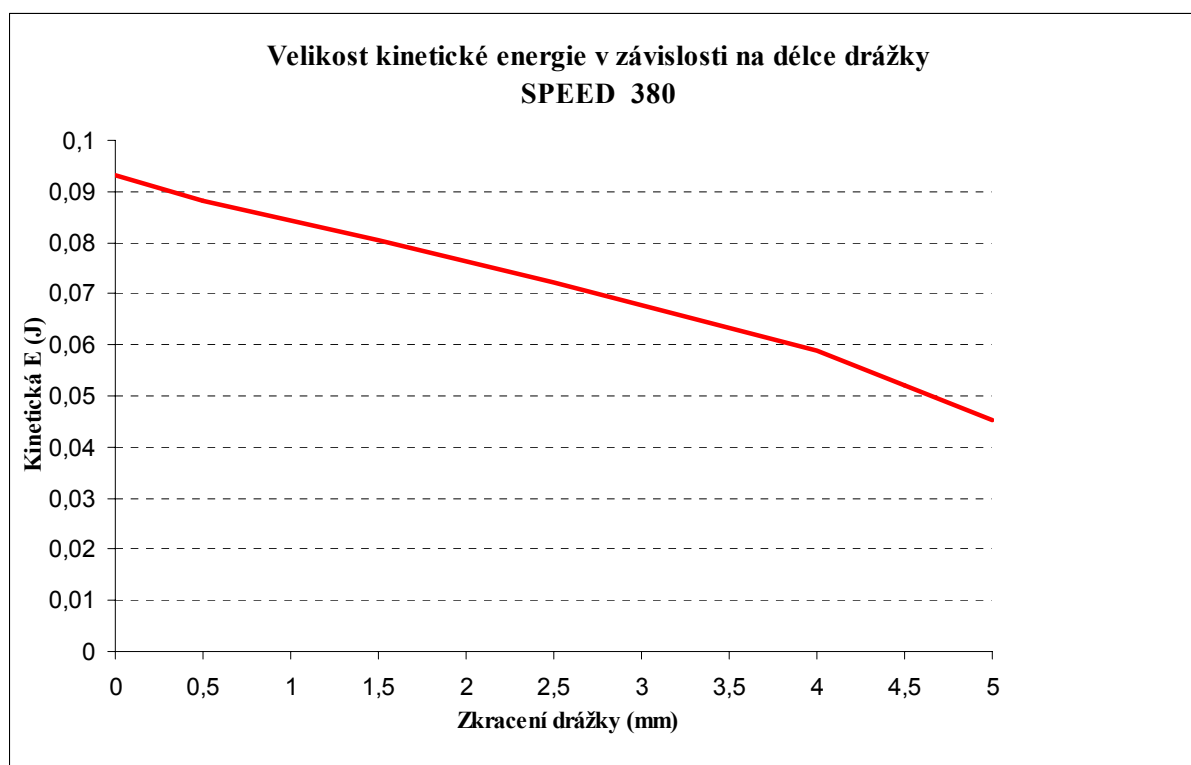


**Obr 5.2 – 2 Váleček 1, s vyznačením měněných parametrů**

Zkrácení drážky [mm]	délka dílu [mm]	šířka drážky [mm]	pozice drážky [mm]	hmotnost [g]	SPEED 380		SPEED 500		SPEED 600	
					nárazová rychlost [m/s]	Energie nárazu [J]	nárazová rychlost [m/s]	Energie nárazu [J]	nárazová rychlost [m/s]	Energie nárazu [J]
0	58,8	14,1	24,6	10,601	1,455	0,0968962	3,253	0,465825327	3,146	0,383703582
0,5	59,3	13,6	25,1	10,87	1,412	0,0907552	3,273	0,473011718	3,168	0,389058013
1	59,8	13,1	25,6	11,48	1,38	0,0862122	3,293	0,482117527	3,192	0,394952016
1,5	60,3	12,6	26,1	11,42	1,346	0,0815635	3,313	0,487662303	3,219	0,401637709
2	60,8	12,1	26,6	11,7	1,309	0,0767125	3,257	0,472800744	3,246	0,408378041
2,5	61,3	11,6	27,1	11,97	1,27	0,0718063	2,364	0,249833714	1,92	0,142869761
3	61,8	11,1	27,6	12,24	1,23	0,0669761	2,134	0,204199387	1,561	0,094431438
3,5	62,3	10,6	28,1	12,51	1,187	0,0620228	2,091	0,196643338	1,417	0,07780773
4	62,8	10,1	28,6	12,79	1,143	0,0571833	2,023	0,184634446	1,552	0,093333888
4,5	63,3	9,6	29,1	13,06	1,073	0,0501058	1,909	0,164903715	1,685	0,110005923
5	63,8	9,1	29,6	13,34	0,999	0,0431835	1,808	0,148373737	1,583	0,097082129

**Tabulka 5.2-1 Tabulka s údaji zkrácené drážky**

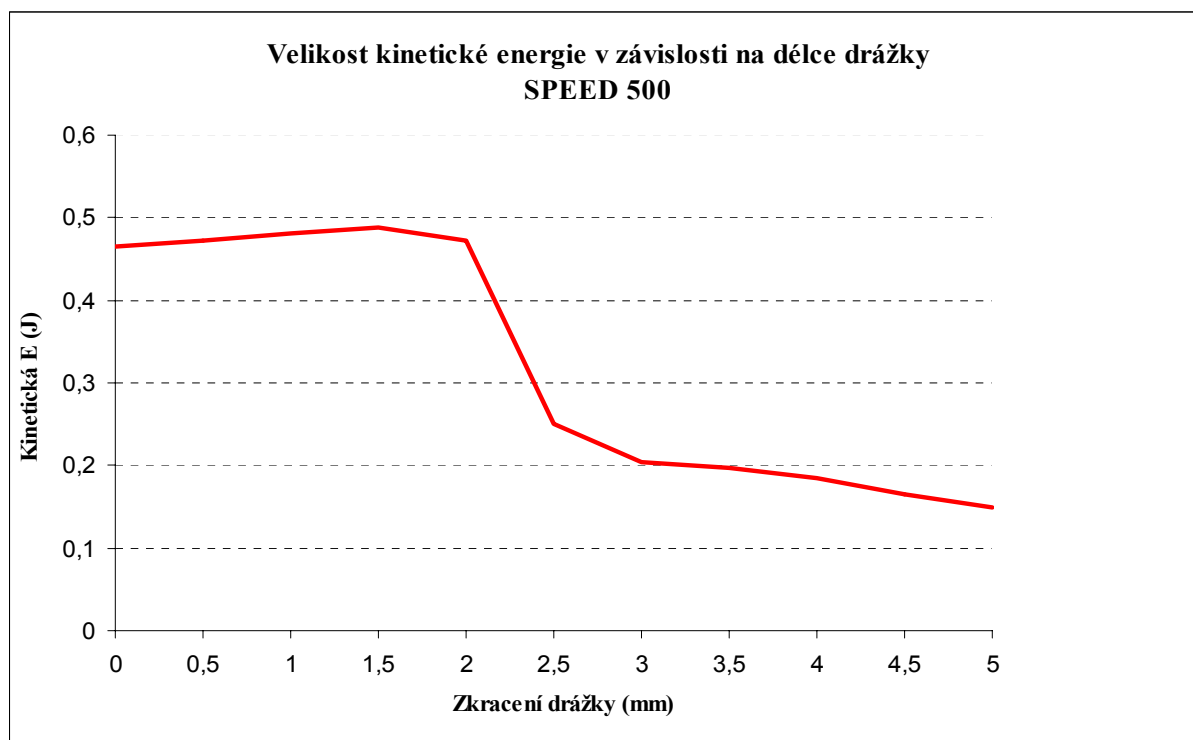
Parametry drážky byly měněny po 0,5 mm a v modulu Mechanism spočítány rychlosti, viz tabulka 5.2-1



**Graf 5.2-2 Závislost kinetické energie nárazu v závislosti na zkrácení drážky válečku 1 v režimu SPEED 380**

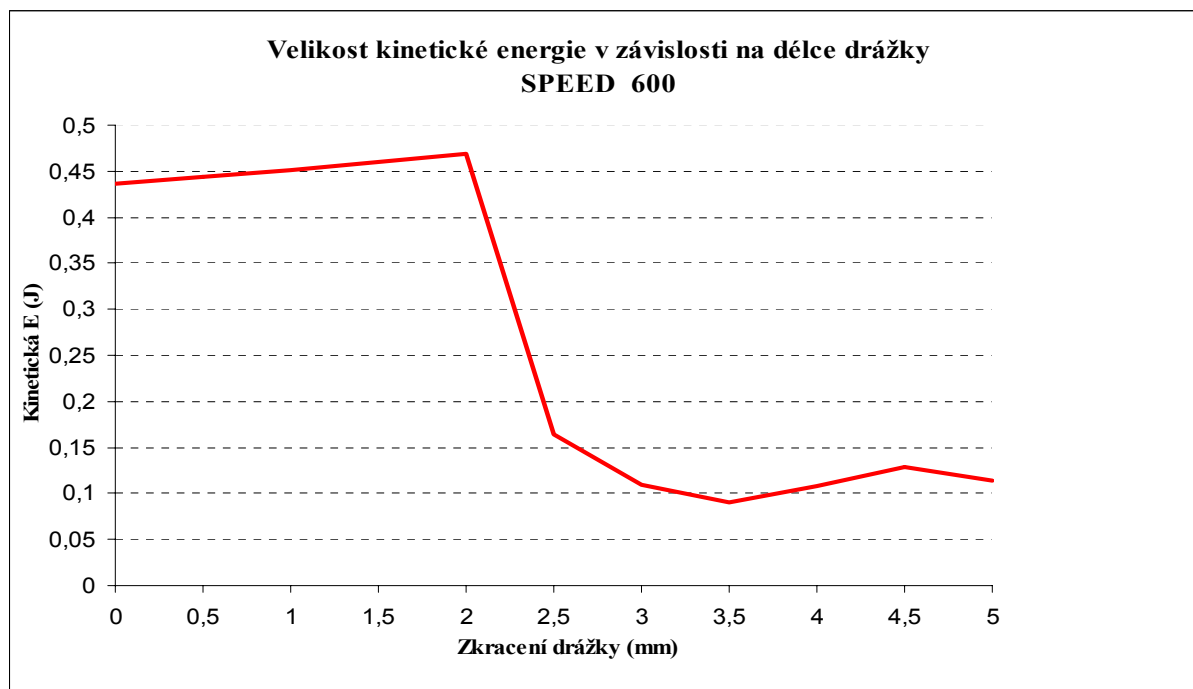
Na grafu 5.2-2 Změny kinetické energie v režimu SPEED 380 vykazuje změna kinetické energie téměř lineární závislost na velikosti zkrácení drážky, Zkrácením drážky o 5 mm dochází ke snížení kinetické energie nárazu o více jak 50 %





**Graf 5.2-3 Závislost kinetické energie nárazu v závislosti na zkrácení drážky válečku 1  
pro režim SPEED 500**

Graf 5.2 -2 změny kinetické energie v režimu SPEED 500 jsou již výrazně odlišné od průběhu při režimu SPEED 380. Zpočátku dochází k mírnému růstu kinetické energie. Při zkrácení o 2 mm dochází k prudkému poklesu, a při zkrácení o 5 mm jsme na 30 % původní kinetické energie.



**Graf 5.2-3 Závislost kinetické energie nárazu v závislosti na zkrácení drážky válečku 1 pro režim SPEED 600**

Test byl proveden také pro režim SPEED 600. Výsledek je velmi podobný režimu SPEED 500.

Pro konstrukci bylo rozhodnuto zkrátit drážku o 5 mm. Výkres upraveného válečku je v příloze diplomové práce.

### 5.2.2 Snížení rychlosti nárazu vzduchovým polštářem

Tato varianta využívá stlačeného vzduchu, který by stlačoval otvírač, tentokrát v roli pístu. Tlaková síla by v závislosti na objemu stlačeného vzduchu mohla otvírač téměř zastavit. V dolní pozici by muselo dojít k odfouknutí přetlaku, aby na jehelní tyč nepůsobila další síla. Odfuk by musel být realizován mechanickou vazbou v dolní pozici. To by mohlo být, kvůli vysokému počtu cyklů, další úzké místo. Další nevýhodou je zvuk odfuku, který by také mohl překračovat přípustnou mez.

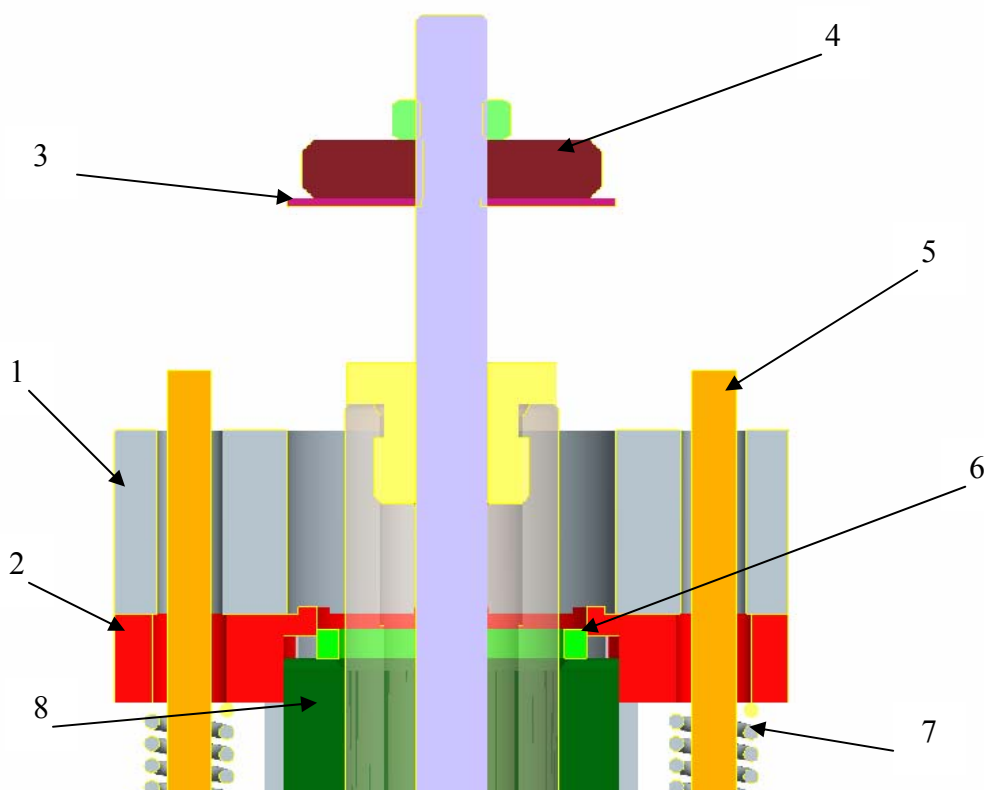
Tlakovou sílu vypočteme z Boyle-Mariottova zákona:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 = konst. \quad (4)$$

v kterém, jelikož se stlačuje na stejné ploše:

$$p_1 h_1 = p_2 h_2 = konst. \quad (5)$$

v němž  $h_1$  a  $h_2$  jsou výšky vzduchového sloupce před stlačením a po stlačení.



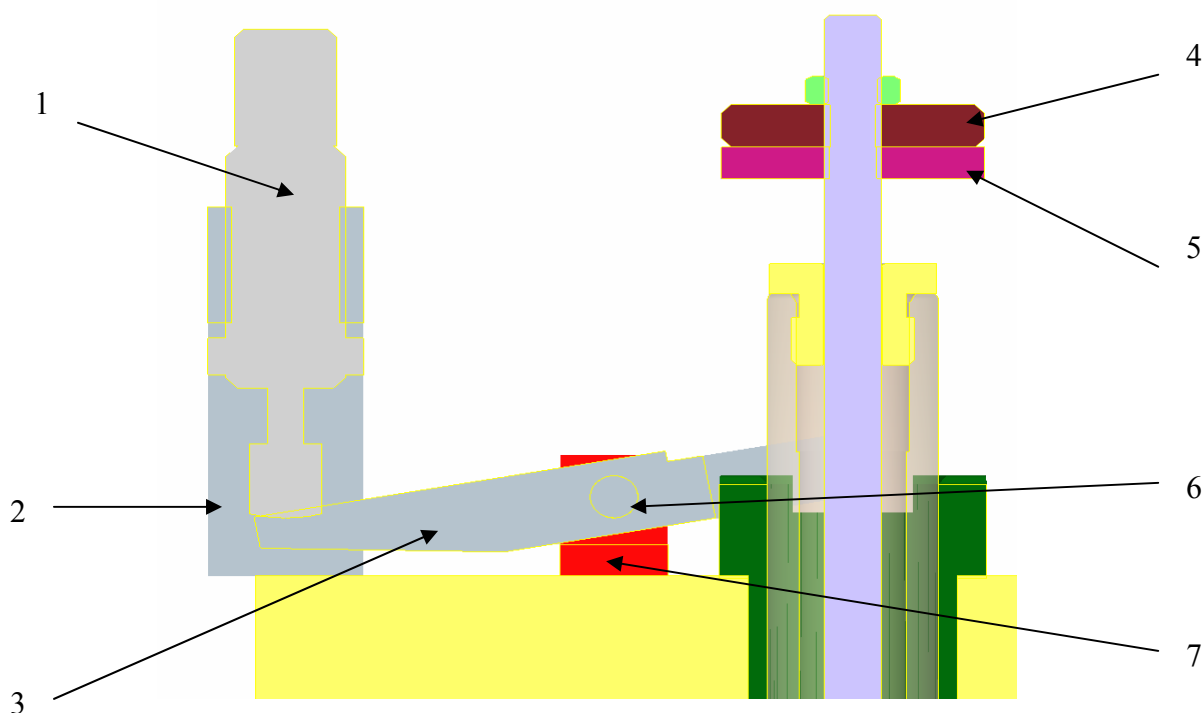
**Obr 5.2 – 3 Mechanismus zpomalující nárazovou rychlost pomocí stlačeného vzduchu**

Na obrázku 5.2-3 je popisovaný mechanismus vyobrazen. Pístnice 1 je usazena na kluzném pouzdře 8. Nad úrovní ložiska se nacházejí výfukové otvory. Ty jsou zaslepeny vnitřním mezikružím 2, které je v základní poloze drženo pružinami 7. Přesné vedení mezikruží je zajištěno dvěma vodiči 5. Při pohybu jehelní tyče do dolní úvratě rolníčka 5 s podložkou 3 uzavřou dutinu pístnice a dochází k stlačování. Před dorazem na pryžovou podložku 6 rolníčka dosedne na vyvýšenou plochu vnitřního mezikruží. Pohybem dolů se začnou odkrývat výfuky a tím dojde k uvolnění přetlaku. Otvírač 4 má menší průměr než je vnitřní průměr pístnice 1, což slouží k tomu, aby při pohybu do horní úvratě nevznikal v pístu podtlak a tím nebránil pohybu. Podložka 3 je z poddajného materiálu, při pohybu vzhůru se zdeformuje směrem dovnitř a vzniklou vůlí mezi stěnou pístnice a podložkou se vyrovná rozdíl tlaků.

### 5.2.3 Snížení dorazové rychlosti tlumičem

Varianta, při které kinetickou energii dosedajícího otvírače pohltíme tlumičem.

Tlumič je s otvíračem propojen pákovým mechanismem. Jejím tvarem a umístěním můžeme docílit, že kontakt s otvíračem bude přesně v ose otvírače. Využitím páky také můžeme optimalizovat velikost tlumené energie.



**Obr 5.2 – 4 Schéma mechanismu brzděného tlumičem**

Na obrázku 5.2-4 je vyobrazen model s pákovým mechanismem. Tlumič 1 je držen ve stojanu 2. Páka 3 je volně otočná kolem čepu 6 a je uložena v domečku 7. Do páky naráží otvírač 4, tlumený pryžovou podložkou 5. Páka je v místě dotyku s tlumičem pokryta tenkou gumovou destičkou.

Požadavky pro výběr tlumiče:

- malá síla při návratu tlumiče do výchozí polohy
- doba pro návrat do výchozí polohy menší než 0,24 s pro SPEED 500
- vysoký počet opakování - při režimu SPEED 500 – 15 000/hod
- tlumená rychlost cca 3 m/s, tlumená hmotnost
- hmotnost vnitřních kleštín 0,092 kg

Z tlumičů na trhu byl nejbližší tlumič YSR 7 – 5 - C firmy FESTO:

parametr	hodnoty
velikost	7
zdvih	5 mm
tlumení	samočinně nastavitelný
montážní poloha	libovolná
snímání polohy	bez
max. rychlost nárazu	3 m/s
doba návratu do původní polohy, krátká	0.2 s
doba návratu do původní polohy, dlouhá	1 s
provozní režim	jednočinný tlačný
třída odolnosti korozi KBK	2
okolní teplota	-10 - 80 °C
délka tlumení	5 mm
max. zastavovací síla	300 N
max. energie tlumení na zdvih	2 J
max. spotřeba energie na hodinu	12,000 J
max. zbytková energie	0.01 J
síla pro návrat do původní polohy	1.2 N
hmotnost výrobku	16 g
typ upevnění	s kontramaticí
upozornění k materiálu	prosté mědi a PTFE
informace o materiálu těsnění	NBR
informace o materiálu pouzdra	mosaz poniklováno
informace o materiálu pístnice	vysoce legovaná ocel

**Tabulka 5.2-2 Tabulkové parametry tlumič YSR – 7 – 5 – C**

Vztahy pro ověření vhodnosti tlumiče:

Efektivní rychlost

$$v_e = \frac{v}{K1}; K1 = 0,65 \quad (4)$$

Kinetická energie:

$$E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad (5)$$

Energie hnací síly :

$$E_h = (F \pm G) \cdot S = m(a \pm g) \cdot S \quad (6)$$

Celková energie na zdvih :

$$E_{zdvih} = E_K + E_h \quad (7)$$

Celková energie na 1 hodinu :

$$E_{hod} = E_{zdvih} \cdot X \quad (8)$$

Poměry v otvírači:

5mm před dorazem

$$v_{5mm} = 2,7 \text{ ms}^{-1}$$

$$a_{5mm} = 270 \text{ m.s}^{-2}$$

4mm před dorazem

$$v_{4mm} = 2,37 \text{ ms}^{-1}$$

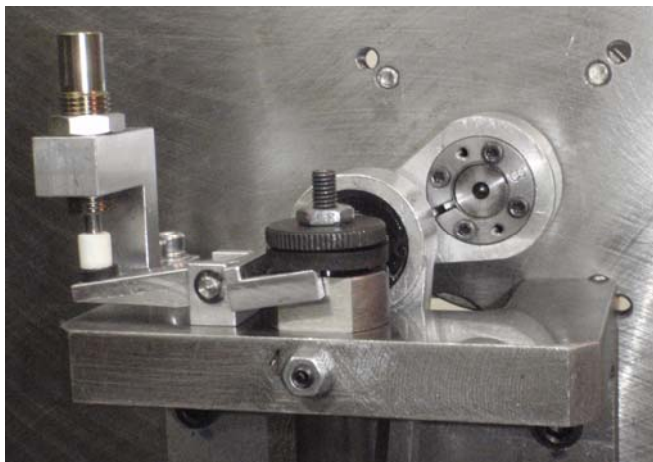
$$a_{4mm} = 300 \text{ m.s}^{-2}$$

Hmotnost [kg]			0,092			
Počet cyklů [hod-1]			15000			
Vzdálenost tlumení			E kinetická [J]	E hnací [J]	E celková [J]	E celková [J/hod]
5mm	zrychlení [m.s-2]	270	0,7937041	0,128713	0,922417	13836,25
	rychlost [m.s-1]	2,7				
4mm	zrychlení [m.s-2]	300	0,6115441	0,11401	0,725554	10883,31
	rychlost [m.s-1]	2,37				

**Tabulka 5.2-1 Tabulka kinematických hodnot otvírače 4 a 5 mm před nárazem do rámu**

Převod páky byl zvolen 4:5, zdvih 5 mm na straně tlumiče, 4 mm tlumená dráha otvírače.

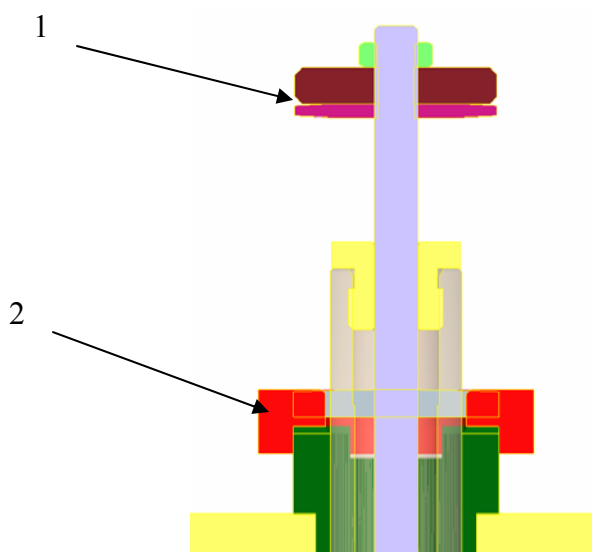
Nevýhodou toho řešení je rychlostní omezení. Omezení spočívá v čase, který potřebuje tlumič pro návrat do původní polohy. Výrobce zaručuje čas minimálně 0,2 s za pokojových podmínek. V laboratorních podmínkách se sice podařilo provozovat zařízení i v režimu SPEED 600, ale je otázkou nakolik bude bezporuchové při průmyslovém použití. Problémem je i životnost tlumiče, výrobce není schopen garantovat dlouhou trvanlivost tlumiče v takto náročných podmínkách, jako je provoz průmyslového šicího stroje.



Obr 5.2 – 4 Fotografie tlumiče s pákovým mechanismem

#### 5.2.4 Pohlcením kinetické energie

Tento způsob se pokouší řešit náraz přeměnou kinetické energie v práci při deformaci přidaného poddajného členu (nákrůžku) na rám stroje a úpravou pryžové podložky pod otvíračem kleštin.



### **Obr. 5.2 – 5 Schéma mechanismu brzděnému tlumičem**

Byly navrženy dvě podložky, lišící se sražením a zkosením dorazové strany. Zkosení bylo navrženo tak, aby došlo k postupné deformaci a tím zatlumení dorazu.



### **Obr. 5.2 – 6 Podložky, vlevo s větším sražením, vpravo s menším**

Podložka (viz obr 5.1-4), která má větší sražení se montuje stranou s menším sražením směrem k otvírači. Je to proto, aby byla guma namáhána spíše na tlak než na ohyb.

Nákružek (viz obr 5.1-4) byl vyroben z polyamidu a je nasazen na kluzném pouzdře. V budoucnu se počítá s nahrazením polyamidu kompozitem pohlcujícím rázy.

Výhodou tohoto řešení by mohla být relativně levná výroba a snadná montáž.

Při montáži, je nutné brát v úvahu tloušťku polyamidového nákrůžku nad kluzným pouzdrem a o tuto tloušťku posunout otvírač na táhle.

## **5.3 Ověření konstrukčních řešení - Měření hladiny akustického tlaku**

Pro praktické ověření byly vybrány varianty v kapitolách 5.2.1, 5.2.3, 5.2.4.

Jednotlivá řešení byla ověřena měřením hluku při jejich provozu.

### **5.3.1 Použitá měřicí technika**

#### **Dvoukanálový analyzátor 2144**

Frekvenční analyzátor 2144 je přenosný analyzátor pro akustické, elektroakustické měření a měření vibrací v poli nebo v laboratoři. Umožňuje měření hladiny akustického tlaku a intenzity zvuku.

#### **Mikrofon typ 4165**

Je mikrofonem kondenzátorovým, určeným pro měření akustického charakteru.



Analyzátor a mikrofón jsou součástí měřicí aparatury Brüel & Kjaer.

### 5.3.2 Postup měření

1. Měřicí aparatura byla nastavena na měření hladiny akustického hluku
2. Měřený objekt byl sledován při provozním režimu SPEED 500 a 600.

V první fázi bylo provedeno 10 měření

- původní řešení
- nahrazen váleček, novým válečkem s kratší drážkou
- doplnění o polyamidový doraz, nechána původní pryžová podložka
- pryžová podložka nahrazena podložkou s menším sražením
- pryžová podložka nahrazena podložkou s větším sražením

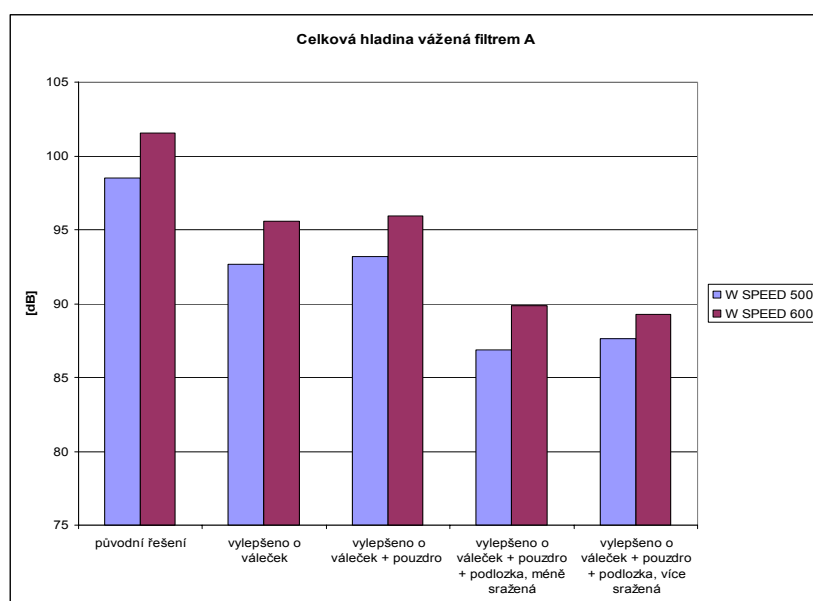
V druhé fázi byla provedena 4 měření

- řešení s novým válečkem se zkrácenou drážkou
- řešení s tlumičem a novým válečkem

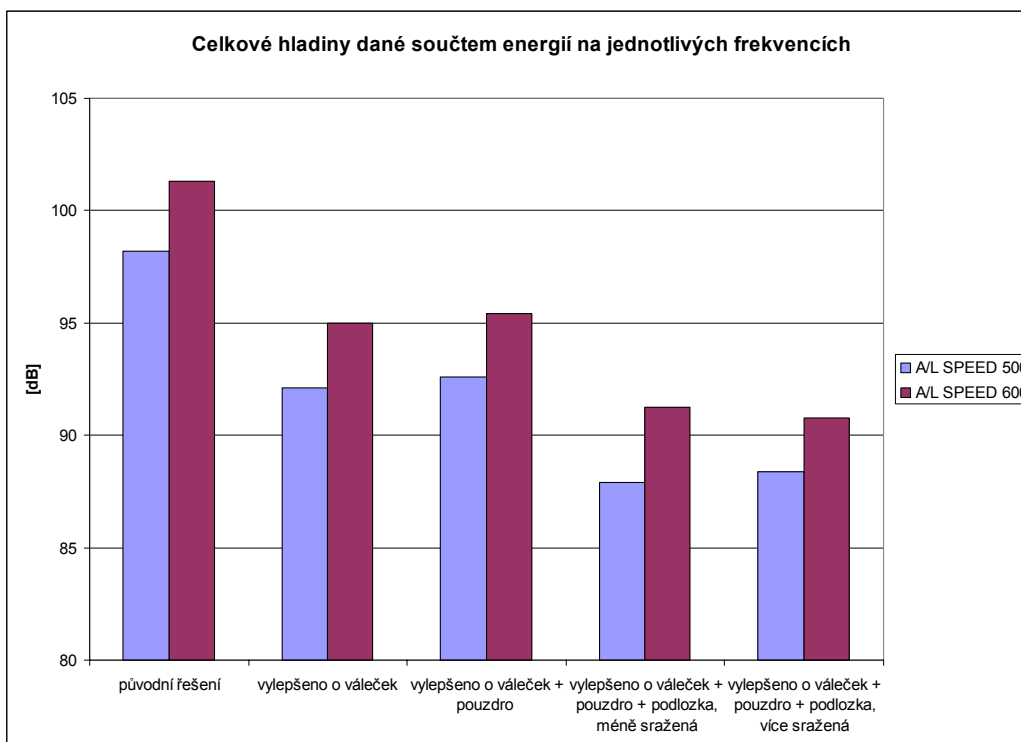
### 5.3.3 Výsledky měření a zpracování

Výsledky měření byly zpracovány v Microsoft Excel, výsledné grafy 5.3-1 a 5.3-2 ukazují výsledná měření pro jednotlivé konstrukční úpravy. .

Pro první fázi:

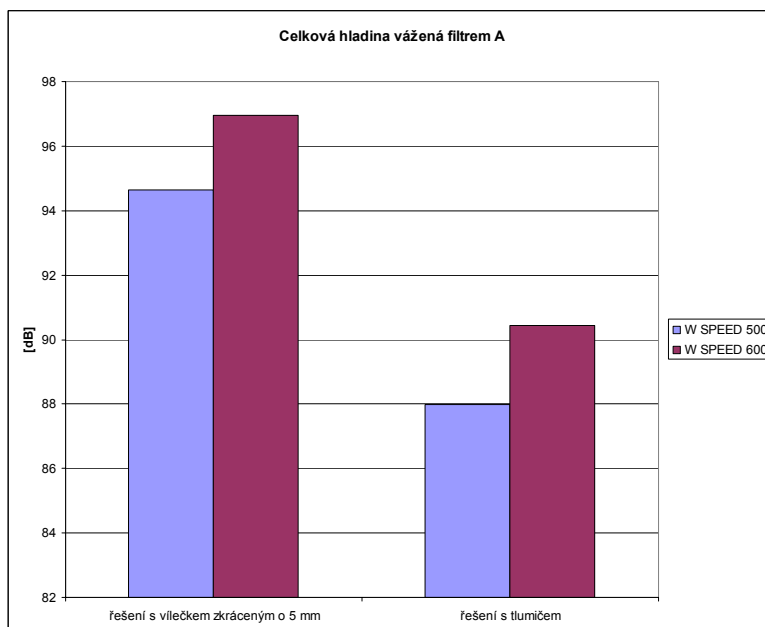


**Graf 5.3-1 srovnání jednotlivých vážených hladin pro prvních 10 měření**

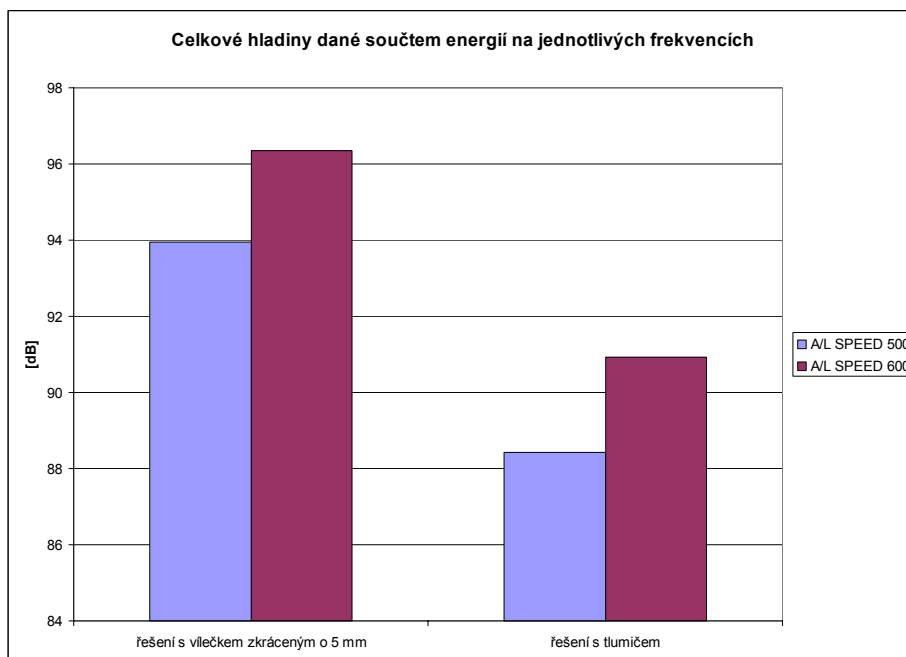


**Graf 5.3-2 srovnání celkových hladin daných součtem na jednotlivých frekvencích pro první 10 měření**

Pro druhou fázi :



**Graf 5.3-3 srovnání jednotlivých vážených hladin pro druhé čtyři měření**



**Graf 5.3-4 srovnání celkových hladin daných součtem na jednotlivých frekvencích pro druhé čtyři měření**

Z grafů 5.3 - 1 a 2 je patrné výrazné zlepšení, které přineslo zkrácení drážky válečku a postupné snížení hluku výměnou gumové podložky a přidání polyamidového nákrčku na kluzné ložisko.

Rozdíl mezi původní a nejlepší variantou u tohoto měření činí téměř 13dB u SPEED 600 a 11dB u SPEED 500.

Z grafů 5.3 - 3 a 4 pro měření s tlumičem je vidět zlepšení v režimu SPEED 500 skoro 5,5 DB a u SPEED 600 o 6,5 dB oproti variantě bez tlumiče. Což je ve výsledku velmi podobné zlepšení, kterého bylo dosaženo s polyamidovým nákrčkem a více sraženou gumovou podložkou.

Dosažené výsledky by na šicím stroji měli být znatelně lepší, protože rám šicího stroje je vyroben z litiny, která svými vlastnostmi působí pozitivně při tlumení nárazu. Dále zkoumaný mechanismus by byl v šicím stroji zakryt víkem a tím také brání šíření hluku do okolí.

## 6 Závěr

V úvodu práce byly představeny rešerše mechanismů pohybu jehelní tyče, jejich popis a shrnutí. Diplomová práce navazuje na provedené teoretické a experimentální analýzy nově vyvíjeného systému pohonu jehelních tyčí včetně mechanismu jehelní tyče.

V následující stati byla provedena analýza zatížení jehly při pracovním procesu a bylo provedeno praktické měření, ve kterém byla stanovena průpichová síla. Její stanovení bylo důležité pro zpřesnění matematického modelu a posouzení jejího vlivu na mechanismus jehelní tyče. Měřením bylo zjištěno, že průpichová síla nemá zásadní vliv na chování otvírače během procesu otvírání kleštin. Tyto poznatky pak byly uvažovány při následné optimalizaci otvírače.

Bylo navrženo několik variant řešení konstrukčních úprav směřujících k potlačení hladiny hluku při vysokých otáčkách šicího stroje. Jedna z variant spočívá v odstranění mechanické vazby mezi otvíračem kleštin a rámem stroje a nahrazení jinou vazbou s odlišnou fyzikální podstatou. Bylo navrženo řešení s elektromagnetickou vazbou, ale vzhledem k mechanickým parametrům jehelní tyče bylo od tohoto řešení odstoupeno. Nebylo možné navrhnout elektromagnet, který by byl schopen vyvinout takový výkon, který by byl pro správnou funkci otvírače nutný.

Další možností, jak snížit mohutnost rázu, bylo snížit nárazovou rychlost otvírače kleštin. Pro tento způsob bylo navrženo několik variant jak toho docílit. Buď zkrácením dráhy otvírače nutné k otevření kleštin - úpravou válečku, respektive zkrácením jeho drážky pro kolíček, nebo zpomalením otvírače při nárazu na rám šicího stroje vzduchovým polštářem, upravenými gumovými podložkami s nákrůžkem a nebo tlumičem.

Z těchto variant byly vybrány tři a ty byly konstrukčně zpracovány. Jednalo se o zkrácení drážky ve válečku, variantu s upravenými gumovými podložkami a nákrůžkem a variantou s tlumičem.

Drážka u válečku byla na základě teoretické analýzy zkrácena o 5 mm a tím bylo dosaženo snížení kinetické energie při nárazu otvírače až o 80 % při nejvyšší rychlosti. Tato varianta se zahrnuje do všech zlepšení a byla započtena v konstrukčních úpravách.

U jednotlivých konstrukčních návrhů poté bylo provedeno měření hladiny akustického tlaku. Varianty byly porovnány s původním řešením na šicím stroji a byly proměřeny i pro režim SPEED 600, pracující rychlostí 300 ot/min.

Tato konstrukční řešení výrazně pomohla snížit hluk vzniklý procesem otvírání kleštín. Srovnáním výsledků měření hladiny intenzity akustického tlaku u jednotlivých variant vychází jako nejlepší řešení varianta s upravenou gumovou podložkou a nákrůžkem na kluzném pouzdře v kombinaci s novým válečkem. Snížení intenzity akustického tlaku u této varianty bylo ve srovnání s původním řešením nejvýraznější, přibližně o 13 dB čili téměř o 95 %. Srovnatelného výsledku bylo dosaženo také u řešení s tlumičem. Další řešení s upravenými gumovými podložkami je ve srovnání s tlumičem poměrně levné zjednodušení. Zvažovaná varianta s pákou je složitější, což s sebou nese jak vyšší výrobní náklady, tak i pravděpodobnost vyšší poruchovosti a náročnost na údržbu stroje. Navíc jeho použití je limitováno parametry tlumení tlumiče. Toto konstruované řešení je pro vyšší rychlosti, než jaké je dosahováno v režimu SPEED 500, použitelné velmi problematicky. Pro variantu s gumovými podložkami a nákrůžkem je přínosem i nynější rozvoj kompozitních materiálů. Nahrazením polyamidu, z kterého je nákrůžek vyroben, kompozitem se schopností pohlcovat rázy by se jeho efektivita výrazně zvýšila.

Bezvýznamná nejsou ani ostatní navrhovaná řešení. Odstranění mechanické vazby a její nahrazení elektromagnetickou vazbou by hluk od nárazů otvírače odstranilo úplně. Tento směr řešení by však vyžadoval další usilovný vývoj.

## 7 Použitá literatura

- [1.] PEJCHAR, K. Analýza a optimalizace dynamického chování šicího stroje DECO 2000 /Diplomová práce/. Liberec, TUL 2008
- [2.] Internetové stránky :[http://www.sewalot.com/sewing\\_machine\\_history.htm](http://www.sewalot.com/sewing_machine_history.htm)
- [3.] BARBORÁK, O. *Oděvnictví II, šijací stroje v odevnej výrobě/Skripta/*. Trenčín, TU A.Dubčeka v Trenčíně 2002
- [4.] BERAN, J. – NĚMEČEK, P. – BÍLEK, M. – NOVÁK, J. *Šicí stroj DECO 2000 – Mapování Zvukového pole v blízkosti šicího stroje/Zpráva/*. Liberec, TUL 2008
- [5.] BERAN, J. – BÍLEK, M. – MICHNA, V. – PEJCHAR, K. *Šicí stroj DECO 2000 – Měření a vyhodnocení zrychlení jehelních tyčí/Zpráva/*. Liberec, TUL 2008
- [6.] KOMÁREK, J. *Návrh a konstrukce pohonu jehelních tyčí šicího stroje* /Diplomová práce/. Liberec, TUL 2009

## **Seznam příloh:**

**Příloha 1:** Grafy zatížení stehové destičky pro vzorky 1 a 3

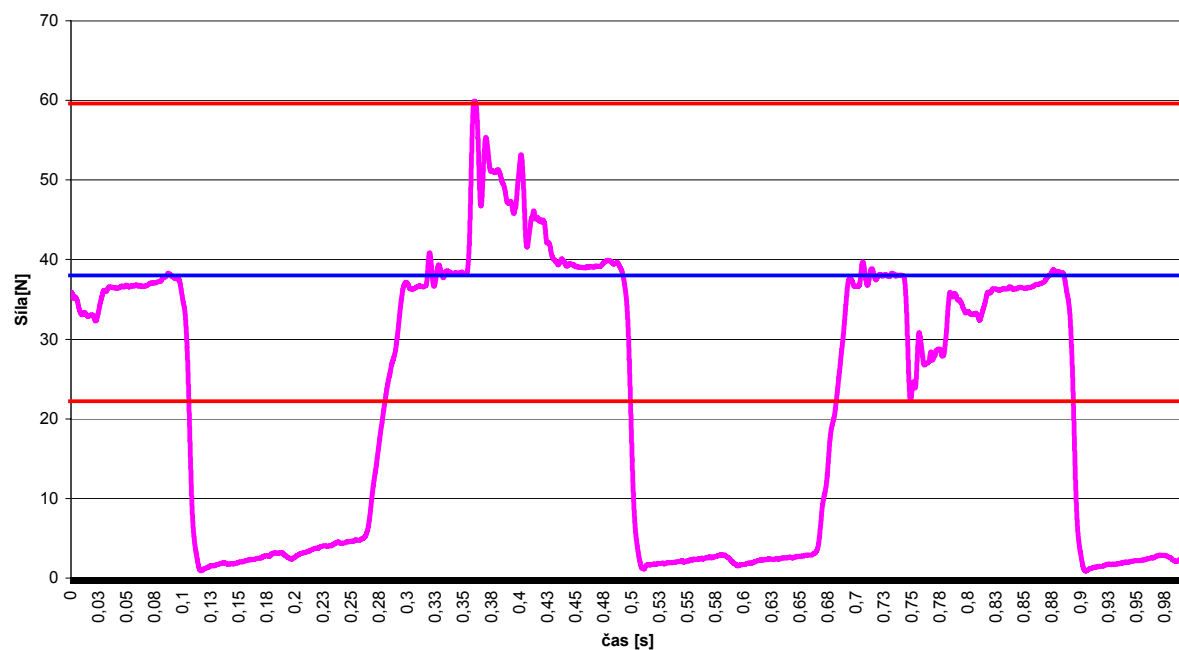
**Příloha 2:** Grafy intenzity hladiny akustického tlaku pro všechna měření

**Příloha 3:** Výkresová dokumentace

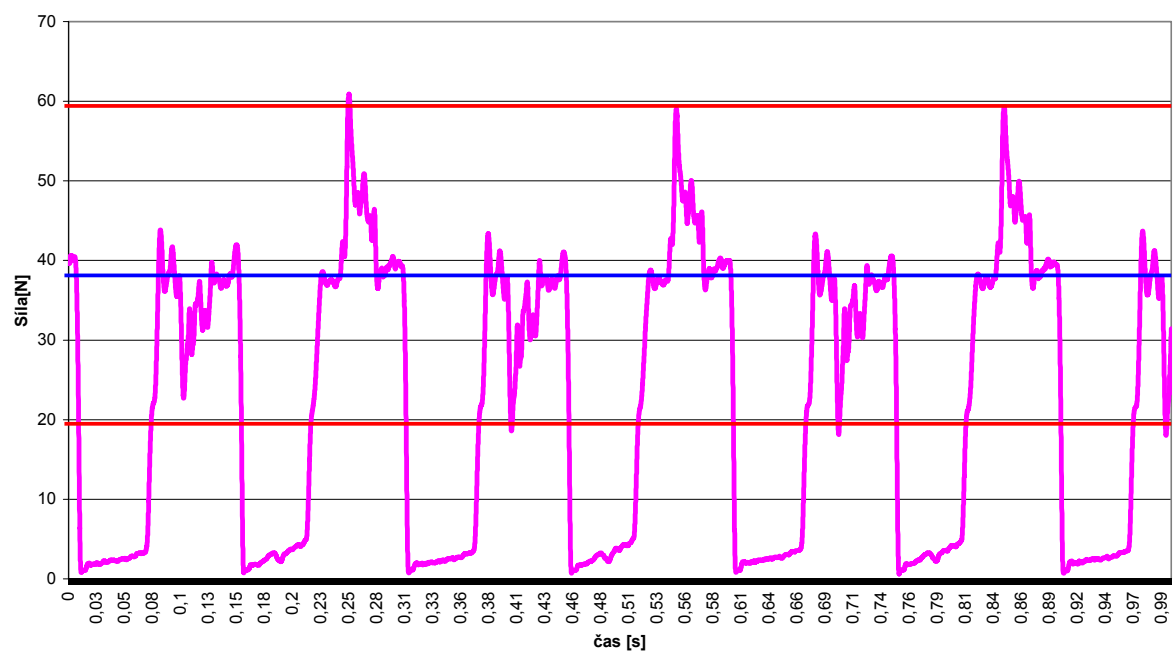
## **Příloha 1**



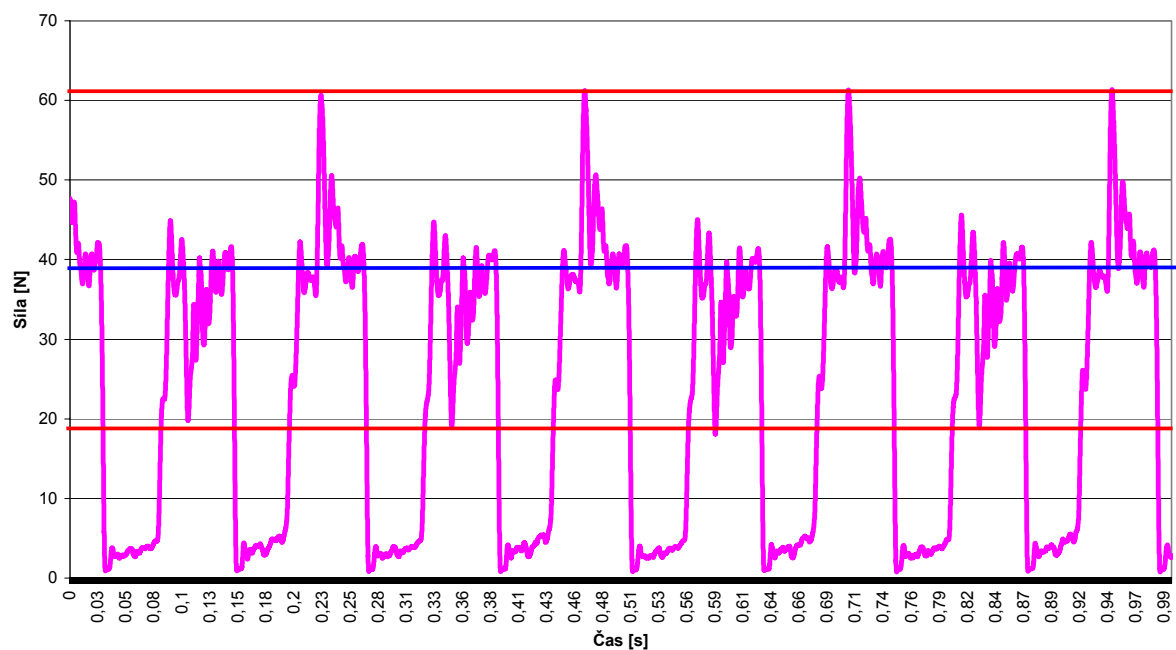
Vzorek #1, SPEED 160



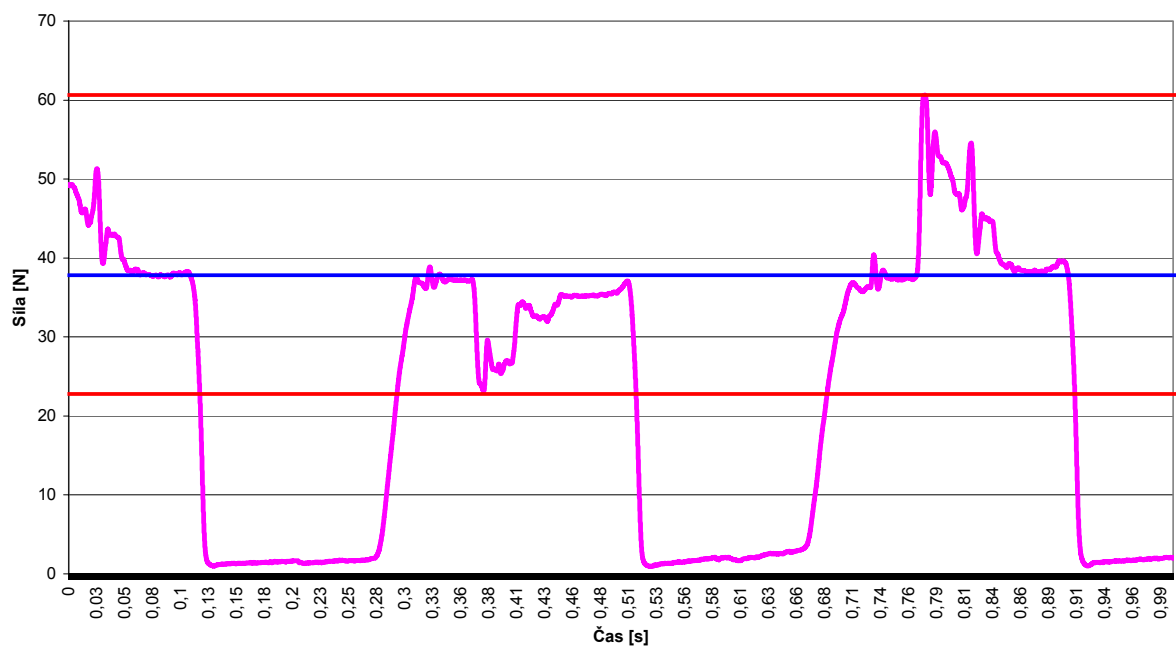
Vzorek #1, SPEED 380



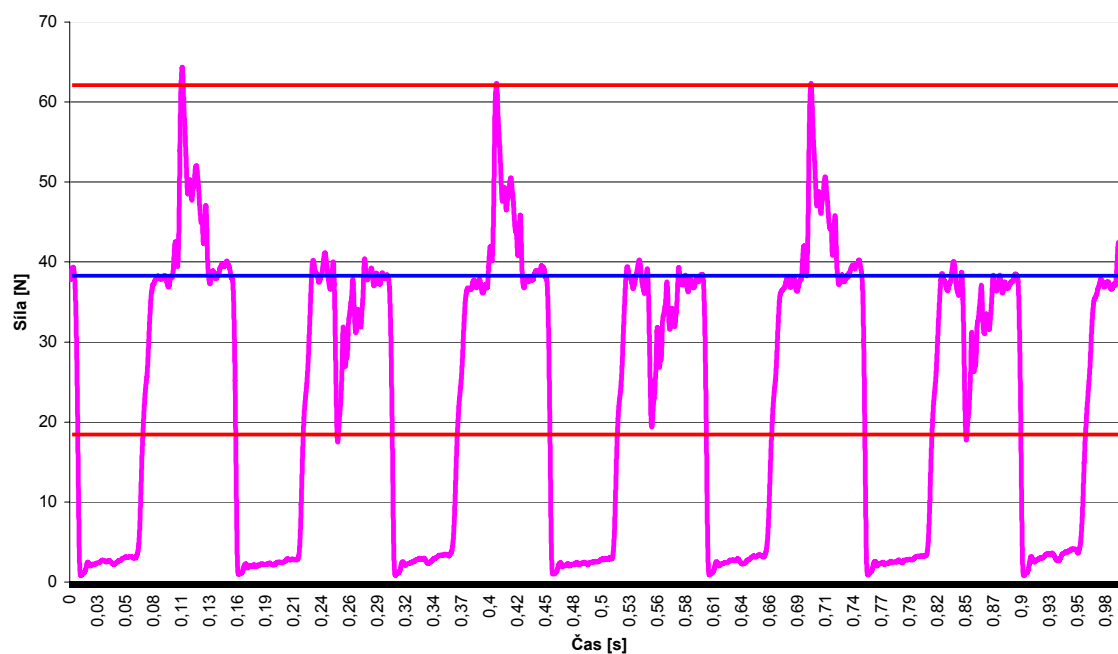
Vzorek #1, SPEED 500



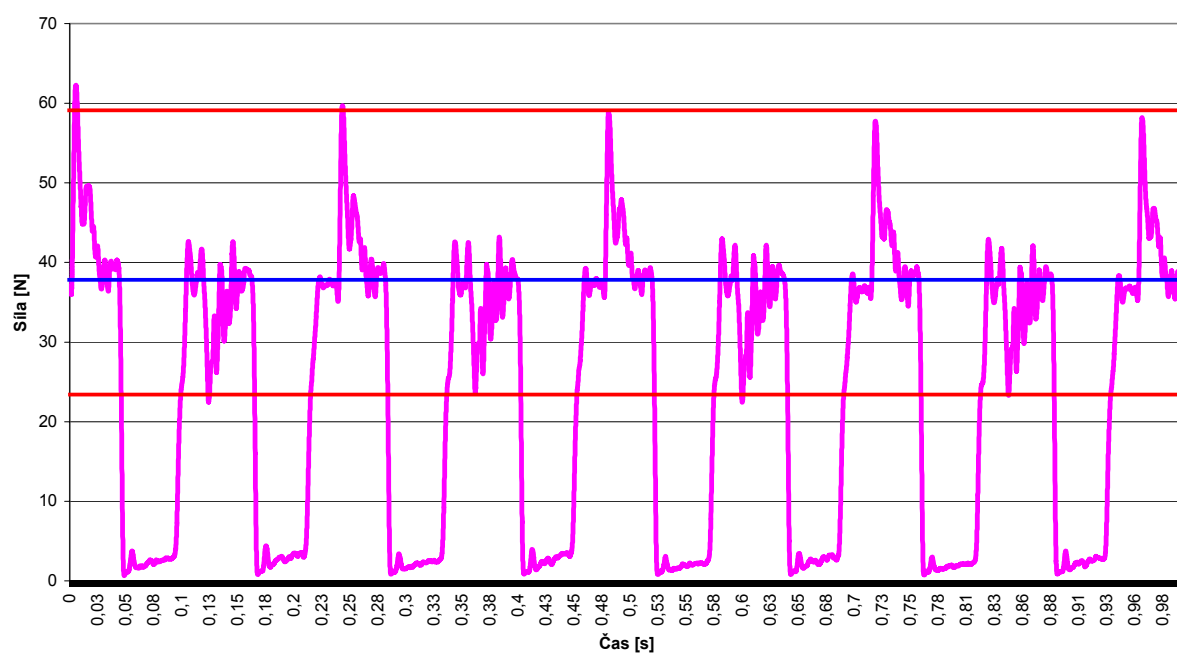
Vzorek #3, SPEED 160



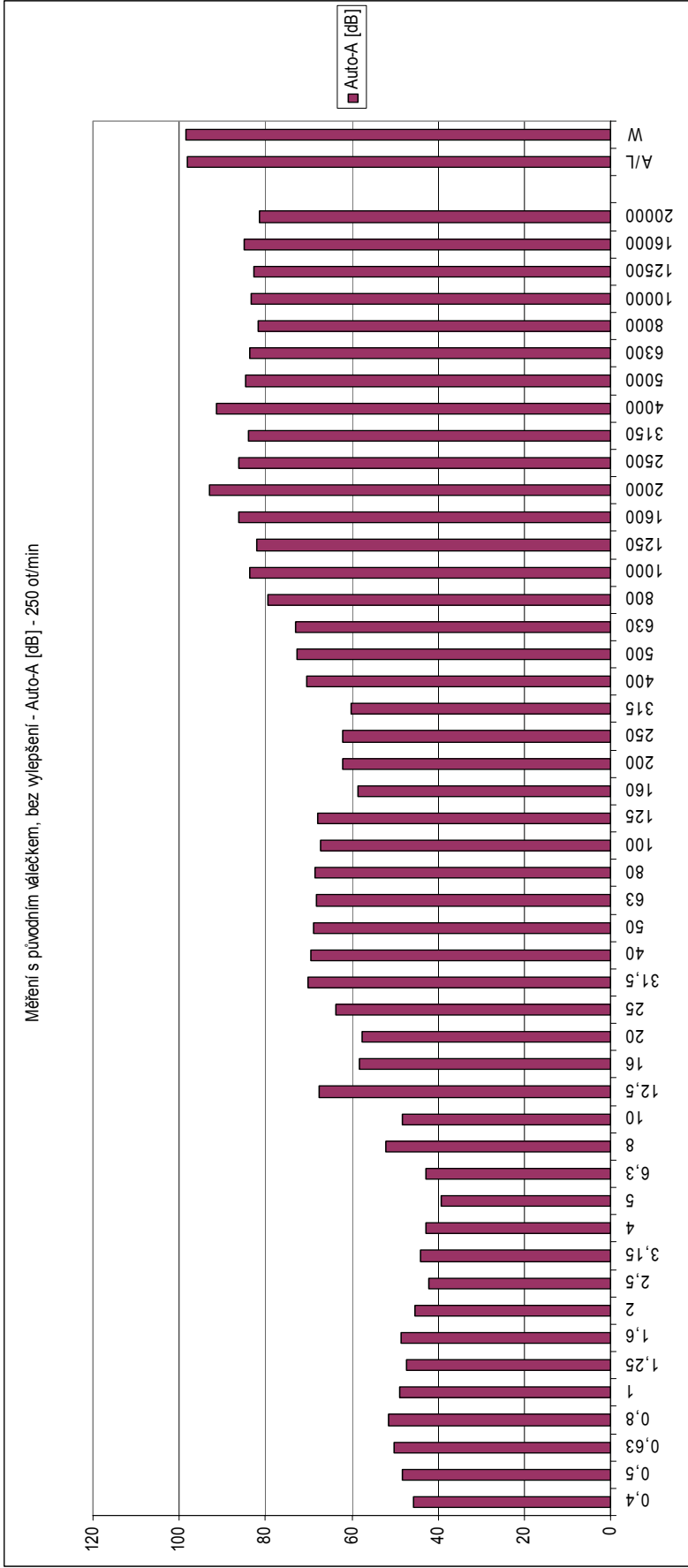
Vzorek #3, SPEED 380

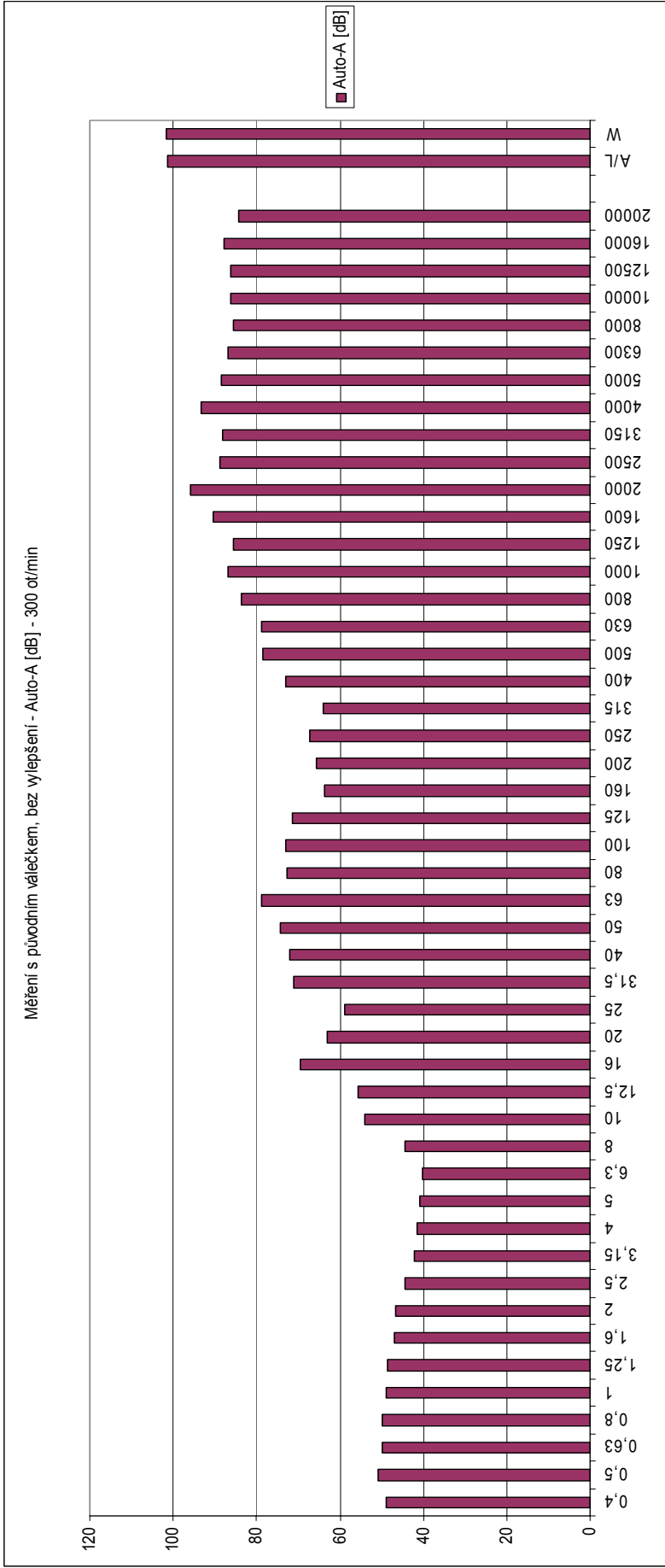


Vzorek #3, SPEED 500

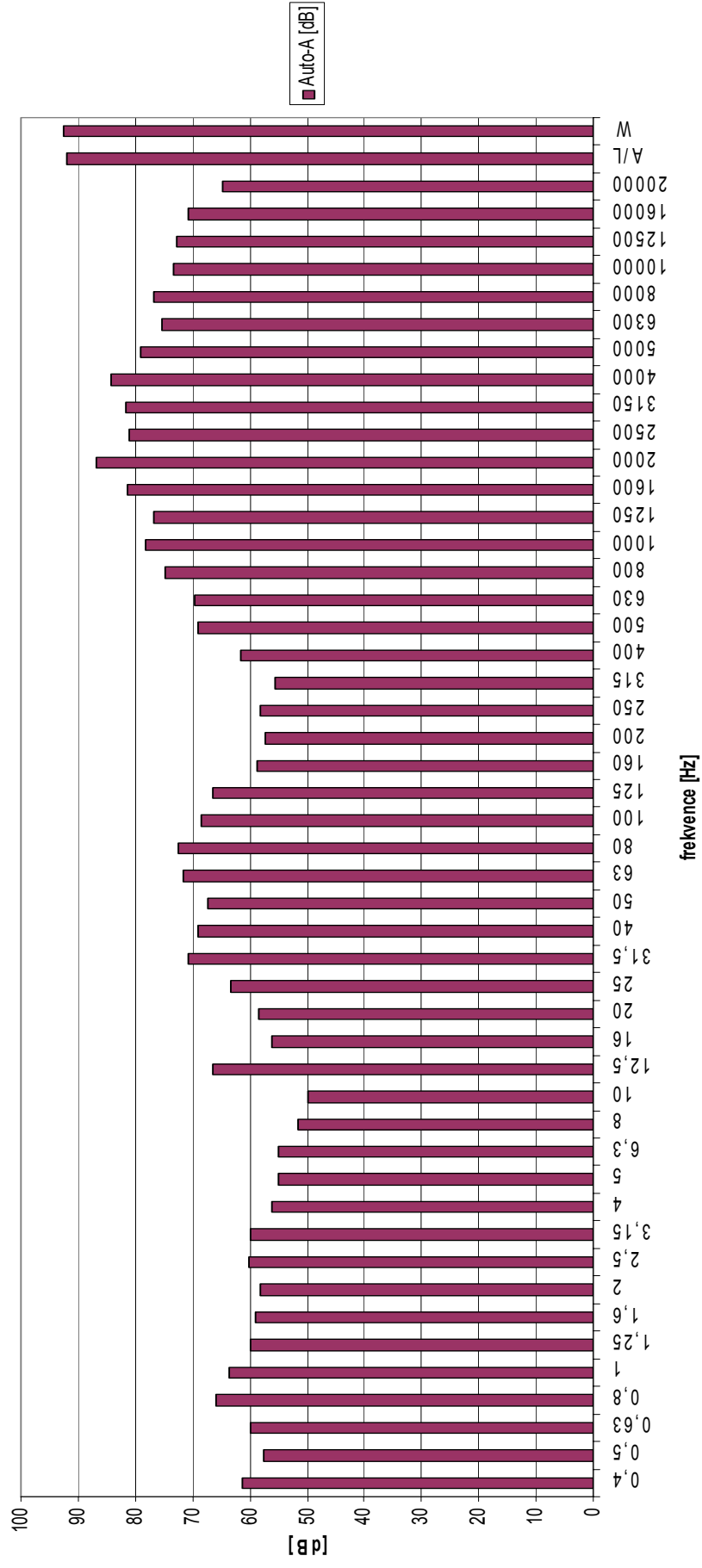


## **Příloha 2**

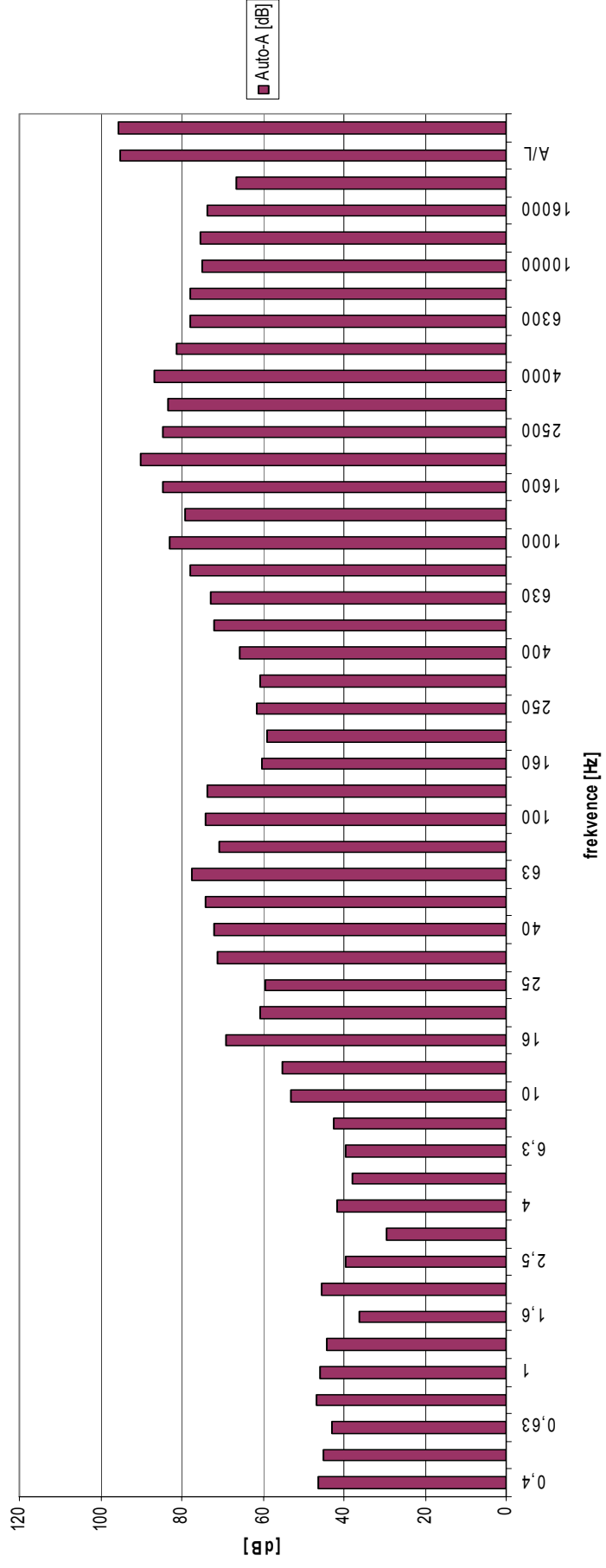




Měření s válečkem s prodlouženou drážkou o 5mm - Auto-A [dB] 250 ot/min

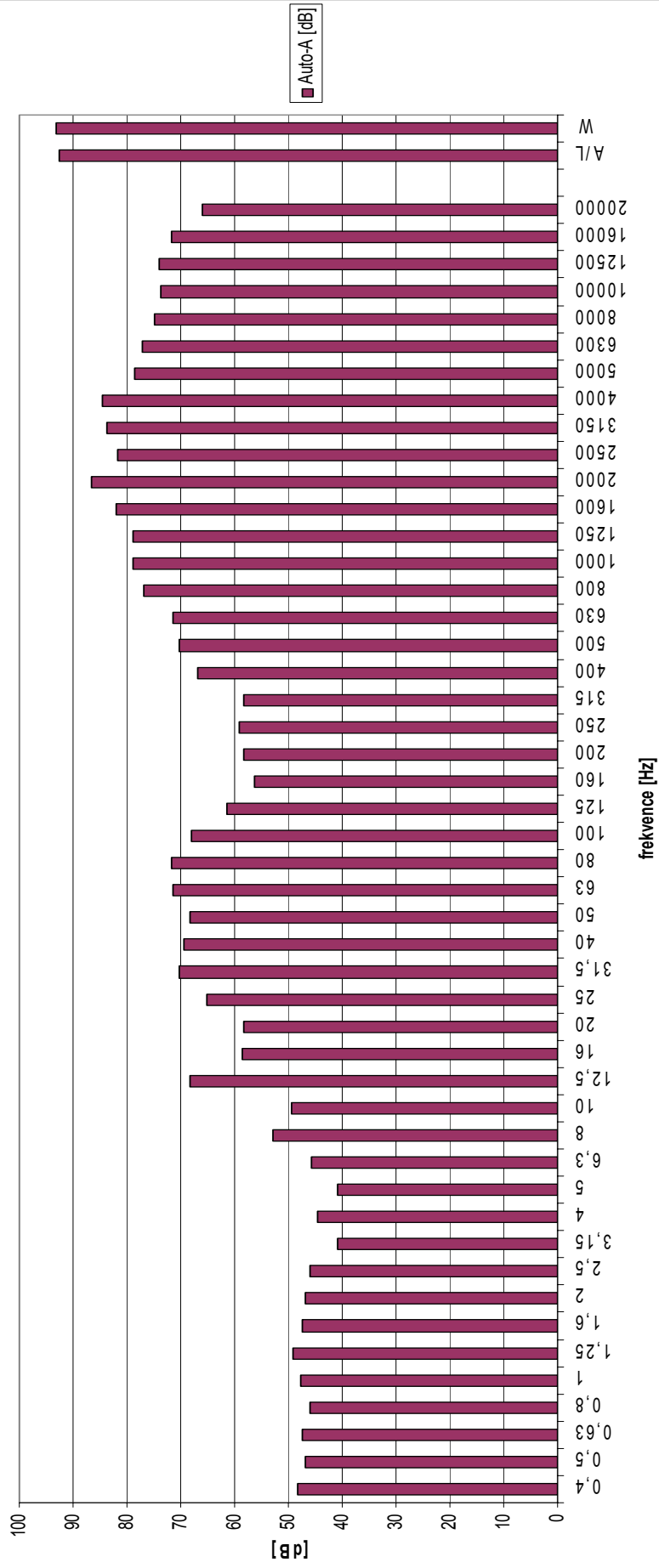


Měření s válečkem s prodlouženou drážkou o 5mm - Auto-A [dB] - 300 ot/min

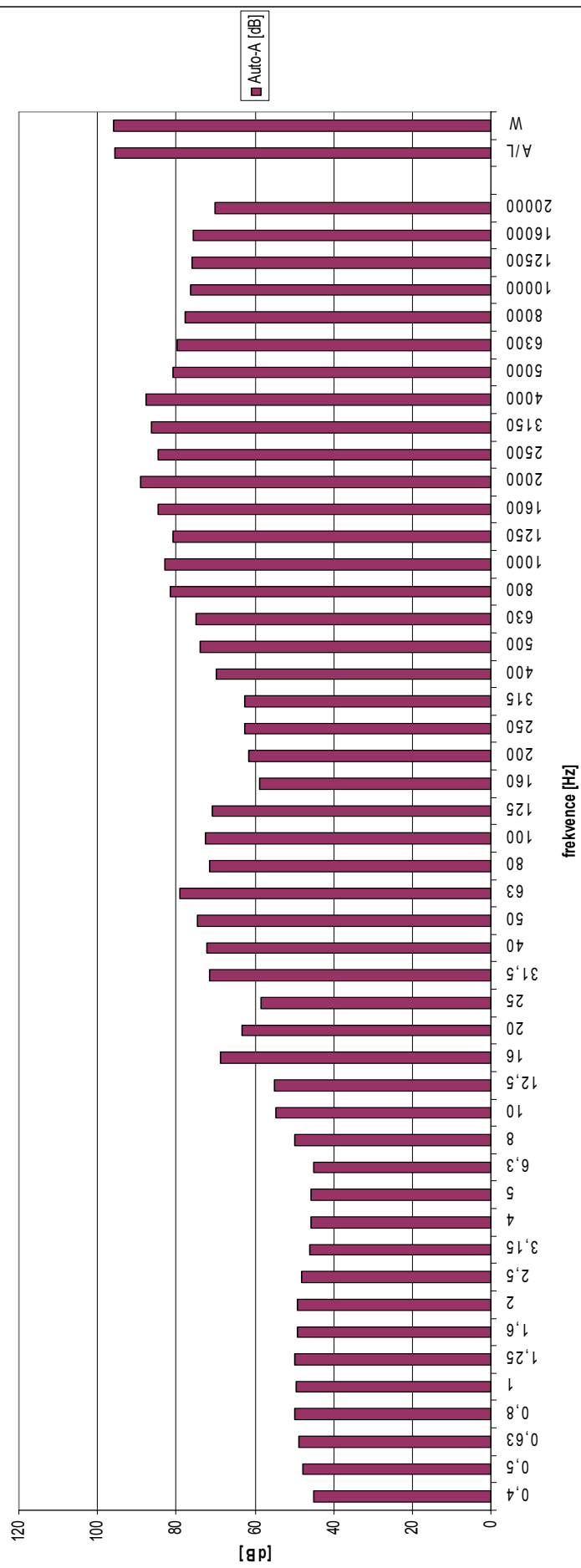




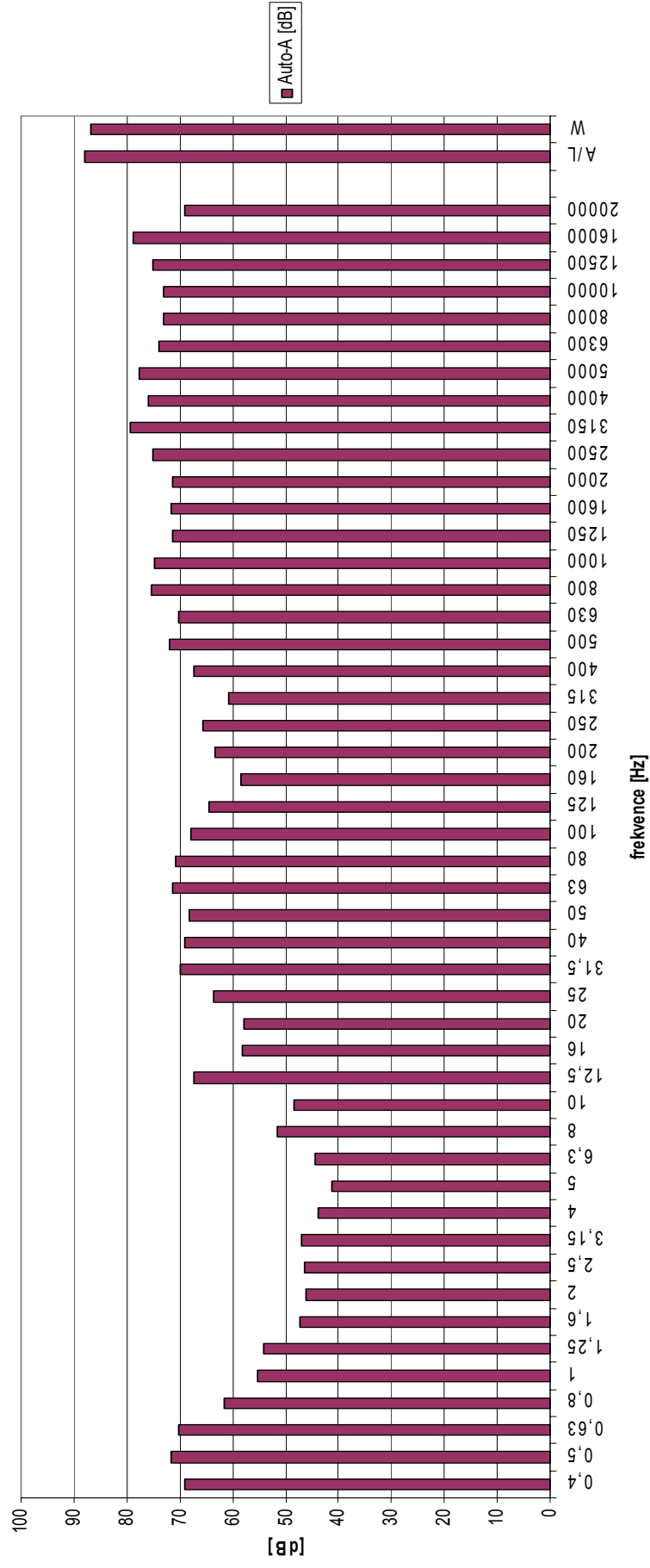
Měření s válečkem s prodlouženou drážkou o 5mm s polyamidovým nákužkem - Auto-A [dB] - 250 ot/min



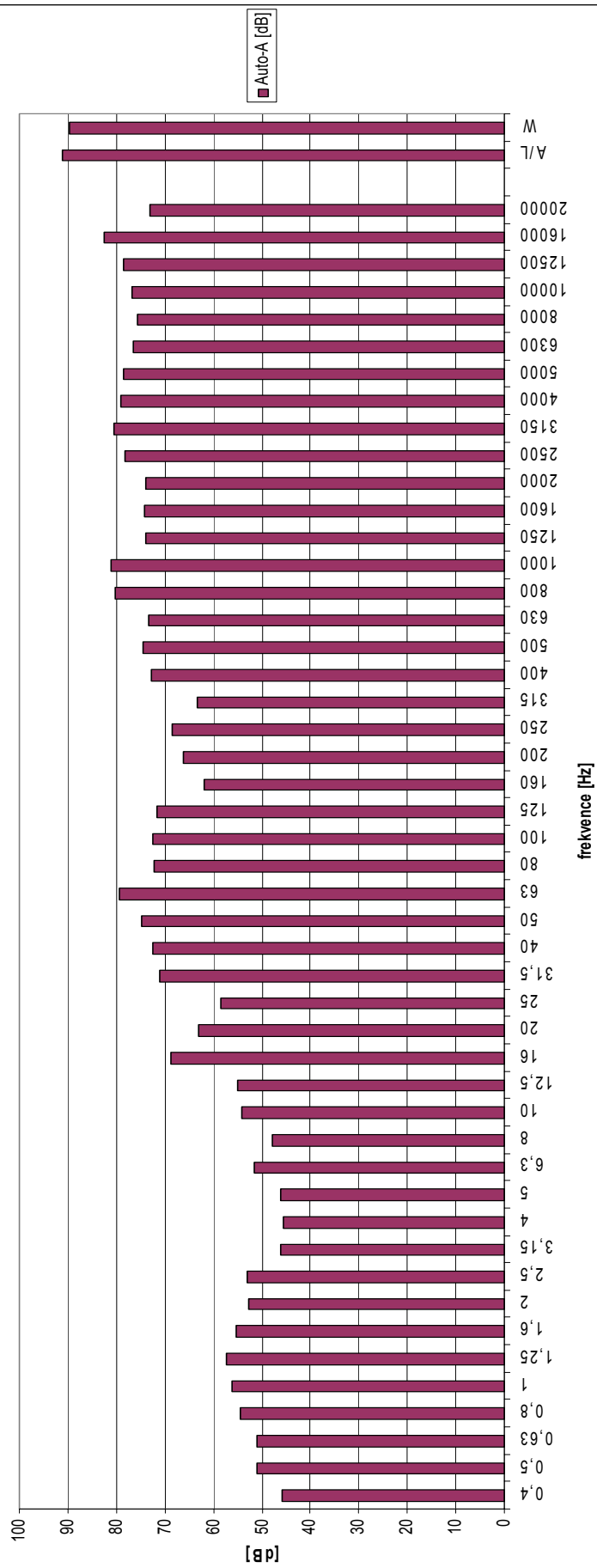
Měření s válečkem s prodlouženou drážkou o 5mm s polyamidovým nákrúžkem - Auto-A [dB] - 300 ot/min



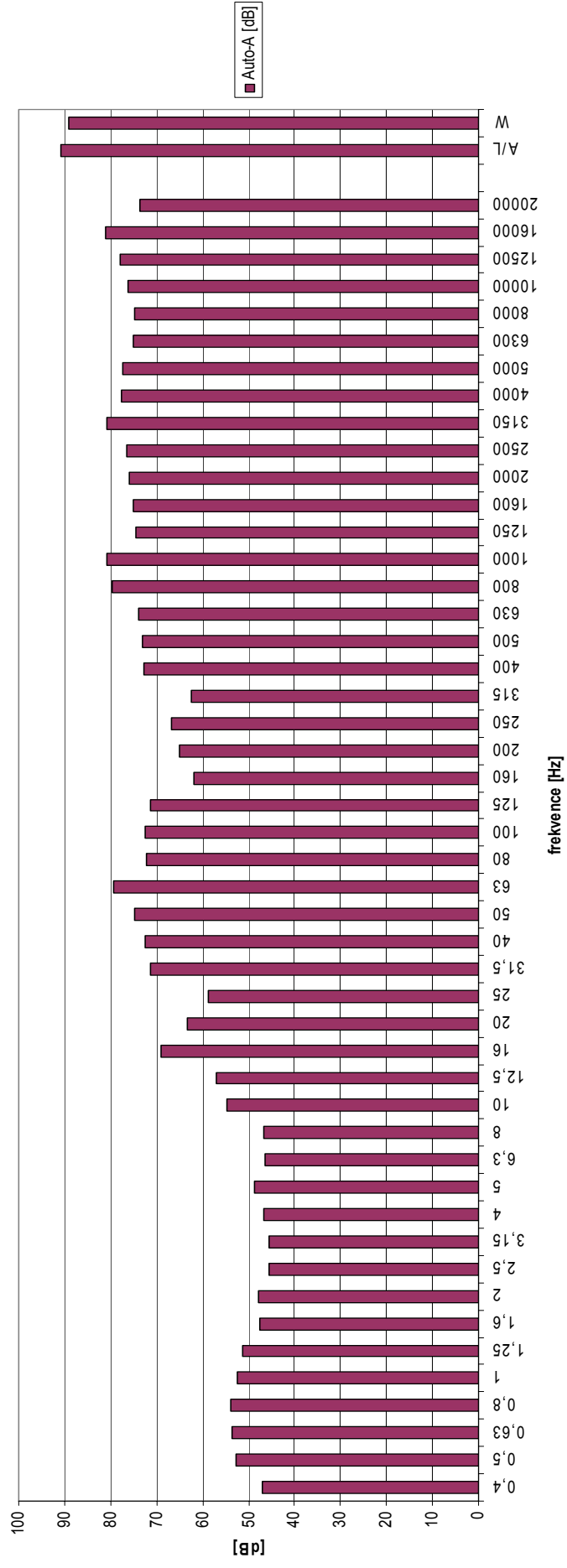
Měření s válečkem s prodlouženou drážkou o 5mm s polyamidovým nákrúžkem a podložkou méně sraženou - Auto-A [dB] - 250 ot/min



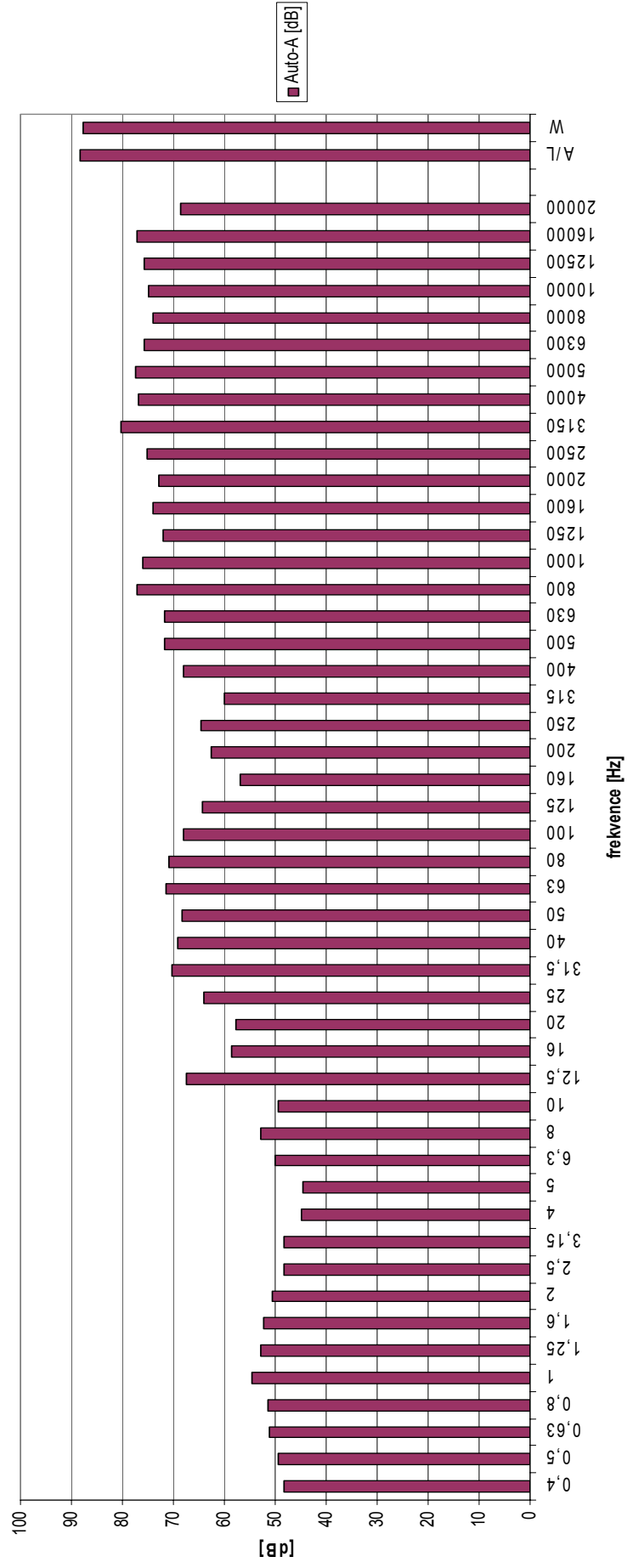
Měření s válečkem s prodlouženou drážkou o 5mm s polyamidovým nákrúžkem a podložkou měně sraženou - Auto-A [dB] - 300 ot/min



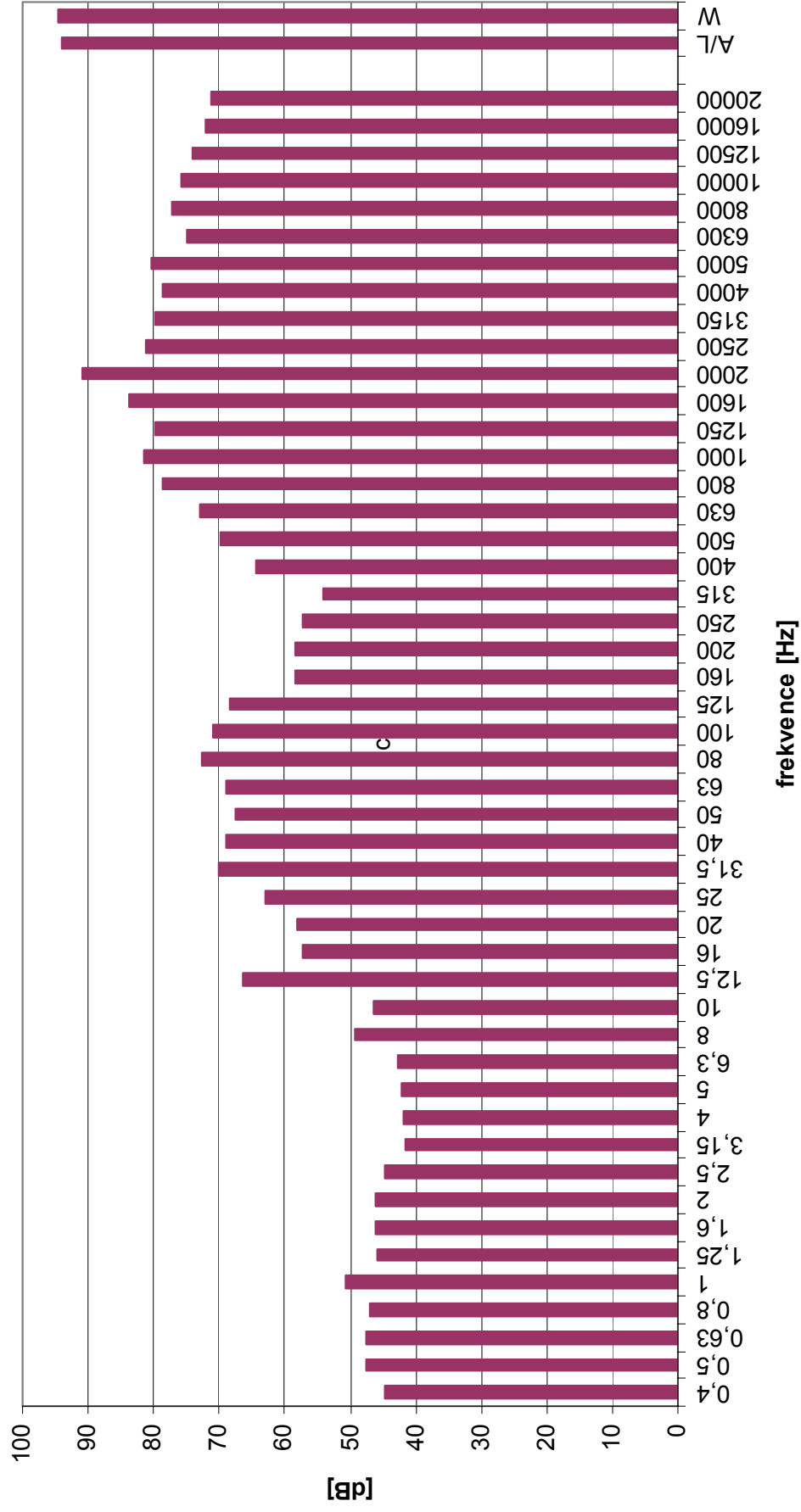
Měření s válečkem s prodlouženou drážkou o 5mm s polyamidovým nákrúžkem a podložkou více sraženou - Auto-A [dB] - 300 ot/min



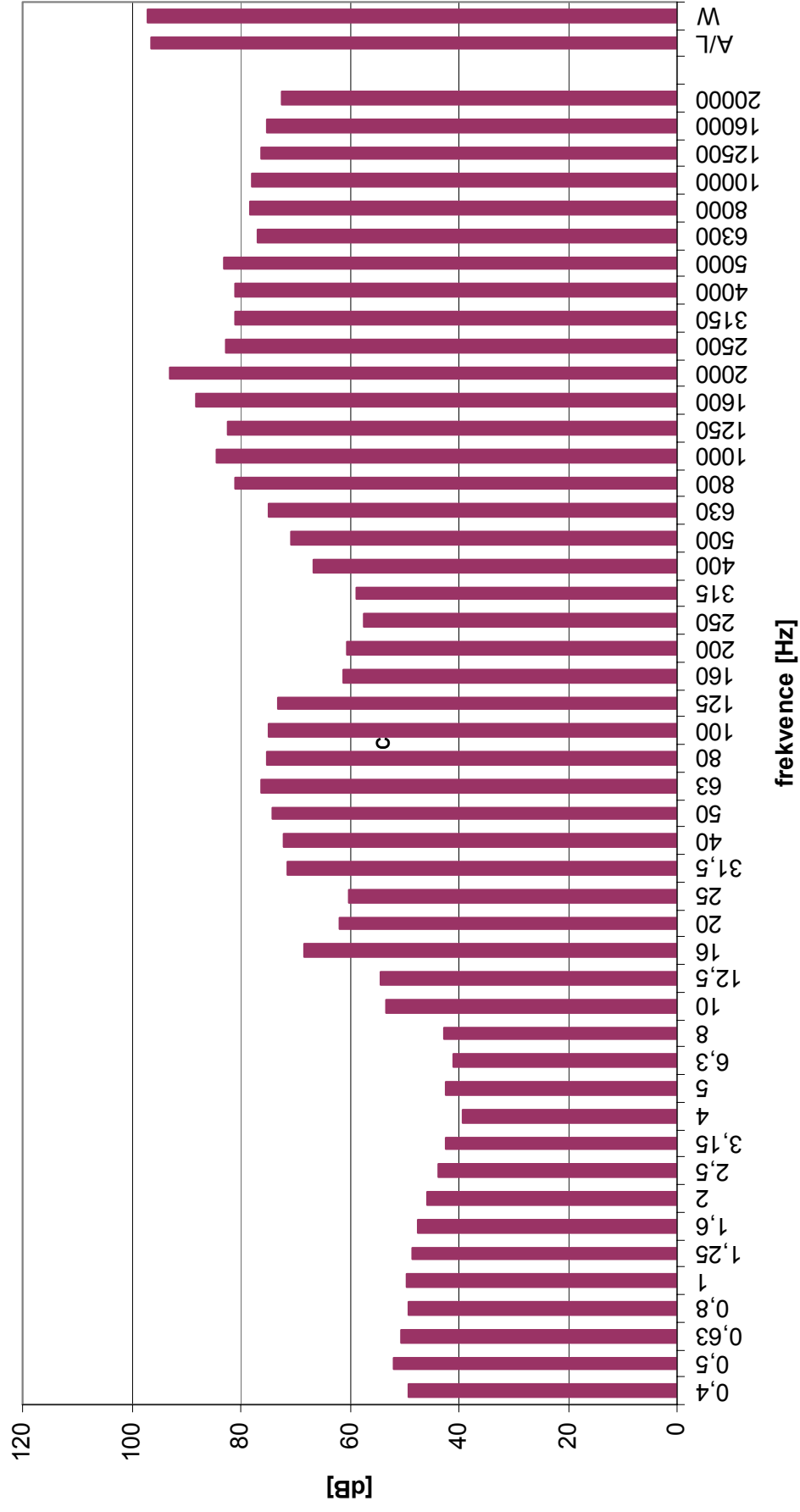
Měření s válečkem s prodlouženou drážkou o 5mm s polyamidovým nákrúžkem a podložkou více sraženou - Auto-A [dB] - 250 ot/min



Měření bez tlumiče s novým válečkem při 250 ot/min



Měření bez tlumiče s novým válečkem při 300 ot/min





Měření s tlumičem a novým válečkem při 250 ot/min

